

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение предприятия 2 категории надежности

УДК 658.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г5Б1	Габерлинг Александр Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И.Г.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Е.С.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. зав. кафедрой- руководителя ОЭЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой- руководителя
ОЭЭ ИШЭ

А.С. Ивашутенко

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5Б1	Габерлингу Александру Александровичу

Тема работы:

Электроснабжение предприятия 2 категории надежности
Утверждена приказом директора (дата, номер) №58-27/с от 27.02.2020г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения о предприятии 2. Определение расчетной нагрузки цеха 3. Определение расчетной нагрузки предприятия 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Компенсация реактивной мощности 7. Схема внешнего электроснабжения 8. Схема внутриводской сети выше 1000 В 9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 10. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В 11. Электроснабжение цеха 12. Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и

	электроприемники 13. Построение эпюры отклонения напряжения 14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В 15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты 16. Релейная защита 17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 18. Социальная ответственность
Перечень графического материала	1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии 2. Картограмма нагрузок 3. Схема электрическая принципиальная 4. Схема силовой сети цеха экструзионных изделий 5. Электроснабжение цеха экструзионных изделий. Однолинейная схема 6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.03.2020г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И.Г.	К.Т.Н.		20.03.2020г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г5Б1	Габерлинг Александр Александрович		20.03.2020г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Период выполнения весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.05.2020	Основная часть	60
15.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
18.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И.Г.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

И. о. зав. кафедрой- руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 123_ с., 16 рис., 33 табл., 30 источников,

Ключевые слова: цех, схема электроснабжения, линия, сеть, электроприемник, нагрузка, оборудование, защита, ток, напряжение.

Цель работы – проектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

В процессе исследования проводился сбор исходных данных в ходе производственной практики на объекте исследования.

В результате была спроектирована схема электроснабжения от подстанции энергосистемы, до конечного электроприемника. Были выбраны кабели и провода, коммутационное оборудование, были сделаны необходимые проверки. Также результатом работы стал экономический расчет капитальных затрат на сооружение данной схемы, определены условия безопасного труда рабочих предприятия.

Основные характеристики: схема электроснабжения состоит из кабельных и воздушных линий электропередачи. В высоковольтной сети применяются вакуумные выключатели, в низковольтной сети автоматические выключатели. Воздушные линии располагаются на опорах, кабельные – на лотках. Схема проста в эксплуатации и надежна по степени бесперебойности питания. Схема пригодна к эксплуатации.

Значимость проектирования схемы электроснабжения очень высокая, так как от правильной ее работы зависит работа всего предприятия и населенных пунктов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	12
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ КУЗНЕЧНОГО ЦЕХА	16
2.1 Распределение приёмников по пунктам питания	16
2.2 Определение расчетной нагрузки цеха	16
3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ	24
3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия.....	24
3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	29
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов	33
3.4 Составление схемы внешнего электроснабжения	35
3.5 Схема внутрив заводской сети выше 1000 В	38
3.6 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.....	41
4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В	46
4.1 Выбор выключателей и разъединителей	46
4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока	48
4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения	51
4.4 Учет электрической энергии	52
5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КУЗНЕЧНОГО ЦЕХА	55
5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники	55
5.2 Построение эпюры отклонения напряжения.....	62
5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В	68
5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты.....	70
6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА.....	72
6.1 Защиты трансформатора.....	73
6.2 Токовые защиты трансформатора от коротких замыканий.....	73
6.3 Газовая защита.....	74
6.4 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов	76
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	78
7.1. SWOT-анализ работы предприятия 2 категории надежности	78

7.2 Организация работ технического проекта (ТП).....	81
7.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	81
7.2.2. Определение трудоемкости выполнения ТП	84
7.2.3. Порядок составления этапов подготовки производства и распределение исполнителей	84
7.2.4. Разработка графика проведения технического проекта.....	86
7.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта	88
7.3.1. Расчет затрат материальных затрат на технический проект	88
7.3.2 Полная определены заработная плата определяем исполнителей темы	89
7.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	90
7.3.4. Накладные расходы.....	91
7.4.5. Формирование сметы затрат технического проекта.....	91
7.5. Определение ресурсоэффективности проекта	92
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	96
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	98
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	98
8.2 Производственная безопасность.....	100
8.3 Анализ опасных и вредных факторов	101
8.4 Экологическая безопасность.....	110
8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
Conclusion.....	118
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	1201

ВВЕДЕНИЕ

Целью ВКР является проектирование системы электроснабжения Машиностроительного завода, используя при проектировании реальные данные предприятия (генплан, план цеха, сведения об электрических нагрузках), детально проработать систему электроснабжения приемников в здании рассматриваемого цеха, сделать выводы.

Машиностроение является ведущей отраслью современной промышленности. Значение машиностроения в народном хозяйстве определяется тем, что оно создает один из важнейших элементов производительных сил – орудия труда.

В силу разнообразных орудий производства и общественного разделения труда машиностроение подразделяется на отдельные отрасли, из которых главными являются: станкостроение, тяжелое машиностроение, транспортное, энергетическое, сельскохозяйственное, атомное.

В каждой отрасли машиностроения существуют свои специфические технологические методы и приемы, однако в целом для машиностроения характерна общность сырьевых материалов (черные и цветные металлы, их сплавы) и идентичность основных технологических принципов превращения их в детали (литье, ковка, штамповка, обработка резанием), а деталей в изделие (сварка, сборка).

В производственных процессах машиностроения используются основные принципы рациональной организации производства.

На машиностроительных заводах различают следующие основные цеха:

- заготовительные: чугунолитейный, сталелитейный, кузнечно-прессовый;
- обрабатывающие: механический, термический;
- выпускающие продукцию: сборочный.

Организация промышленного производства построена по одному из принципов – технологическому, предметному или смешанному. Вышеприведенное разделение основных цехов присуще при технологическом принципе организации производства.

При предметном принципе организации производства оборудование для изготовления конкретных деталей или сборочных единиц сосредотачивается в отдельных цехах предприятия.

При смешанном принципе – в отдельных цехах проводится обработка технологически однородных частей и выполнение однотипных технологических процессов и операций.

В остальном структура машинного производства мало чем отличается от других производств, т.е. есть вспомогательные цехи и побочные цехи, различные службы и хозяйства, органы управления предприятием, которые осуществляют организацию производственного процесса и его контроль, обеспечивают разработку технической документации и технологической оснастки, бухгалтерский учет, сбыт готовой продукции.

Таким образом, машиностроительное предприятие представляет собой совокупность ряда производств, связанных единым технологическим процессом. В зависимости от масштабов производства, возможностей кооперирования с другими предприятиями и от ряда других технико-экономических условий машиностроительный завод либо сам осуществляет весь технологический процесс, т.е. изготавливает все детали машины и производит ее сборку, либо изготавливает лишь основные узлы машины, а детали и полуфабрикаты (литье, поковки) получает с других специализированных предприятий и в своих цехах производит только их обработку и последующую сборку.

Технологическая схема машиностроительного завода, следующая: сырье и топливо из шихтарных дворов, где их хранят и соответствующим образом подготавливают для производства поступают в литейные цехи, производящие отливки. Полученное литье направляют в механический цех, туда же поступают и заготовки, изготовленные ковкой и штамповкой в кузнечно-прессовом цехе. В механическом цехе производят дальнейшую обработку заготовок резанием на различных металлорежущих станках. Кроме обработки литых и кованных заготовок на металлорежущих станках изготавливают детали из проката. Детали, требующие термической обработки, направляют в термический цех.

Готовые детали из механического цеха направляются в сборочный цех, куда поступают готовые детали из других цехов. Механические и сборочные цехи часто располагаются в одном здании, что сокращает расходы на внутризаводскую транспортировку деталей и узлов. Наиболее распространенными процессами в машиностроении являются литье, прокатка, волочение и прессование, ковка, штамповка, сварка, процессы механической обработки (обработка резанием).

Предприятие относится к потребителям II категории электропотребления. Обуславливается непрерывностью технологического процесса, остановка, которого понесёт значительный материальный ущерб, связанный с массовым недоотпуском продукции и простоем техники.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными к проектированию являются:

1. Генеральный план предприятия (рисунок 1.1.);
2. Сведения об электрических нагрузках, характеристика среды производственных помещений, характеристика потребителей электроэнергии (таблица 1.1.);
3. План рассматриваемого цеха (рисунок 1.2.);
4. Сведения об электрических нагрузках цеха (таблица 1.2.).

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках, степени надежности и среде производственных помещений

Наименование объекта	Число смен	Категория ЭП	Среда	Уст. мощн., кВт
1 Кузнечный цех	3	II	Нормальная	—
2 Механосборочный цех	2	III	Нормальная	3050
3 Литейный цех	3	II	Жаркая	6400
4 Металлопрокатный цех	3	II	Жаркая	1500
5 Инструментальный цех	2	III	Нормальная	210
6 Заводоуправление	2	III	Нормальная	140
7 Цех упаковки	2	III	Нормальная	400
8 Сварочный цех	2	III	Пожароопасная	2000
9 Термический цех	3	II	Жаркая	6500
10 Механический цех	2	III	Нормальная	1250
11 Автотранспортный цех	2	III	Нормальная	400
12 Инженерный корпус	2	III	Нормальная	1400
13 Котельная	3	II	Жаркая	700
14 Компрессорная 0,38 кВ 10 кВ (СД 2×1050 кВт)	3	II	Нормальная	34 2100
15 Насосная обратного водоснабжения	3	II	Влажная	1200
16 Насосно-фильтровальная станция	3	III	Влажная	360
17 Насосная водоснабжения	3	II	Влажная	210
18 Градирня	3	III	Влажная	160
19 Станция очистки масел	2	III	Пожароопасная	70
20 Склад химикатов	2	III	Нормальная	90
21 Склад ГСМ и ЛВЖ	2	III	Пожароопасная	125
22 Склад готовой продукции	2	III	Нормальная	118
23 Блок складов	2	III	Нормальная	47
24 Столовая	2	III	Нормальная	400

Генплан предприятия представлен на рисунке 1.1

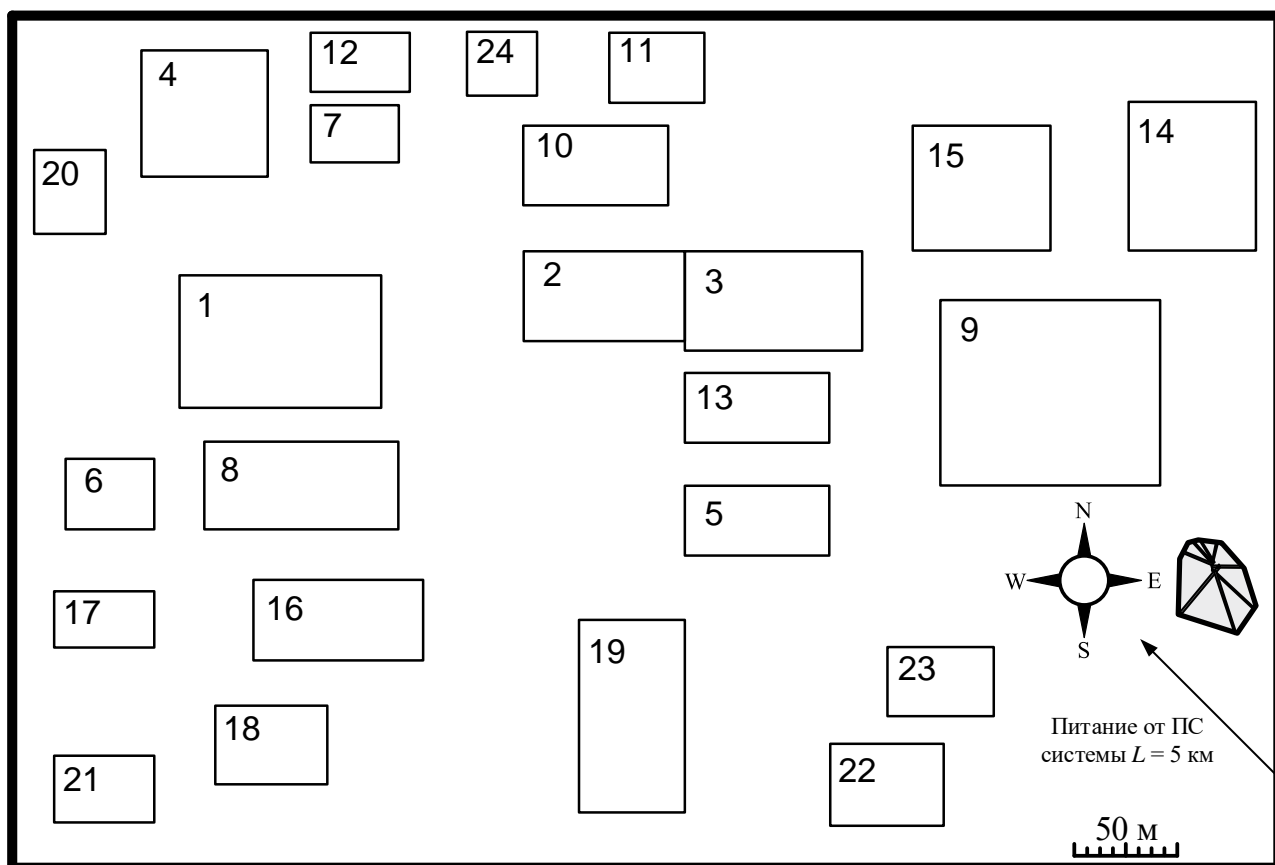


Рисунок 1.1 – Генплан предприятия

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках кузнечного цеха

Наименование объекта	$P_{уст},$ кВт	$K_{исп}$	$\cos\varphi$	$\tg\varphi$	η	$K_{пуск}$	$I_{ном},$ А	$I_{пуск},$ А
1 Токарно-винторезный станок	30,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	78,8	394,0
2 Токарно-винторезный станок	30,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	78,8	394,0
3 Токарно-четырёхшпиндельный полуавтомат	50,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
4 Токарно-четырёхшпиндельный полуавтомат	50,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
5 Токарно-четырёхшпиндельный полуавтомат	50,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
6 Резьбонарезный станок	10,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	26,3	131,3
7 Резьбонарезный станок	10,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	26,3	131,3
8 Радиально сверлильный станок	17,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	44,6	223,2
9 Радиально сверлильный станок	17,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	44,6	223,2
10 Долбежный станок	30,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	78,8	394,0
11 Долбежный станок	30,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	78,8	394,0
12 Гидропресс	60,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	157,6	787,9
13 Гидропресс	60,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	157,6	787,9
14 Притирочный станок	66,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	173,3	866,7
15 Притирочный станок	66,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	173,3	866,7
16 Притирочный станок	66,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	173,3	866,7
17 Притирочный станок	66,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	173,3	866,7
18 Притирочный станок	66,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	173,3	866,7
19 Универсально-заточный станок	40,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	105,1	525,3
20 Универсально-заточный станок	40,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	105,1	525,3
21 Заточный станок	54,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	141,8	709,1
22 Заточный станок	54,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	141,8	709,1
23 Шлифовальный станок	40,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	105,1	525,3
24 Пресс	50,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
25 Пресс	50,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
26 Вентилятор вытяжной	108,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	227,9	1595,3
27 Вентилятор вытяжной	108,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	227,9	1595,3
28 Вентилятор калорифера	30,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	63,3	443,1
29 Вентилятор калорифера	30,0	0,75	0,80	0,75	0,90	7	63,3	443,1
30 Насос гидравлический	58,0	0,70	0,80	0,75	0,90	5	122,4	612,0
31 Насос гидравлический	58,0	0,70	0,80	0,75	0,90	5	122,4	612,0
32 Насос гидравлический	58,0	0,70	0,80	0,75	0,90	5	122,4	612,0
33 Насос гидравлический	58,0	0,70	0,80	0,75	0,90	5	122,4	612,0
34 Координатно-расточный станок	40,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	105,1	525,3
35 Координатно-расточный станок	40,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	105,1	525,3
36 Поперечно-строгальный станок	50,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
37 Поперечно-строгальный станок	50,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	131,3	656,6
38 Кран мостовой ПВ=40%	40,0	0,10	0,50	1,73	0,89	5	136,6	682,9
39 Конвейер	68,0	0,40	0,70	1,02	0,89	5	165,8	829,2
40 Заточный станок	54,0	0,12	0,65	1,17	0,89	5	141,8	709,1
41 Гидропресс	60,0	0,25	0,65	1,17	0,89	5	157,6	787,9

План цеха с расположением оборудования представлен на рисунке 1.2.

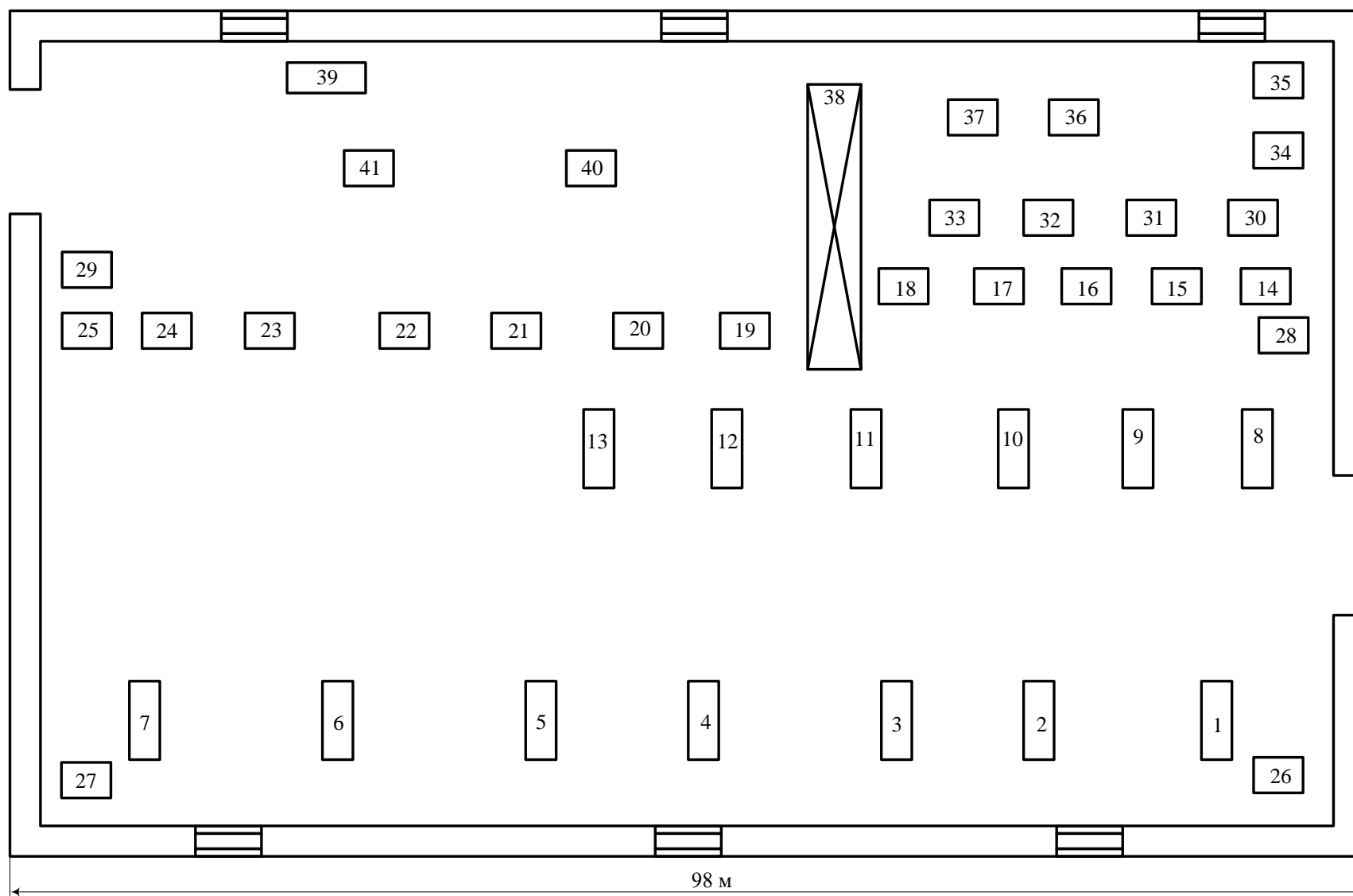


Рисунок 1.2 – План расположения электроприемников

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ КУЗНЕЧНОГО ЦЕХА

2.1 Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприемников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному пункту.

Распределительные пункты устанавливаются по возможности в центре электрических нагрузок, подключенных к нему, чтобы расстояния до электроприемников было минимально. Это позволит избежать большой протяженности кабельных линий, и сократить потери в них.

Питание отдельных электроприемников и распределительных пунктов осуществляем по радиальным линиям, проложенным в коробах. Принятая схема обеспечивает требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость, и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха.

В качестве распределительных пунктов принимаем пункты марки ПР11-7123. Данный пункт рассчитан на количество отходящих линий до двенадцати штук.

На рисунке 2.1 изображен план цеха с расположением распределительных пунктов и питаемых от них электроприемников.

2.2 Определение расчетной нагрузки цеха

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок рассматриваемого цеха. Для этого воспользуемся методом упорядоченных диаграмм.

Паспортные мощности электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы (ПКР) приводятся к $P_B = 100\%$, то есть к номинальной установленной мощности.

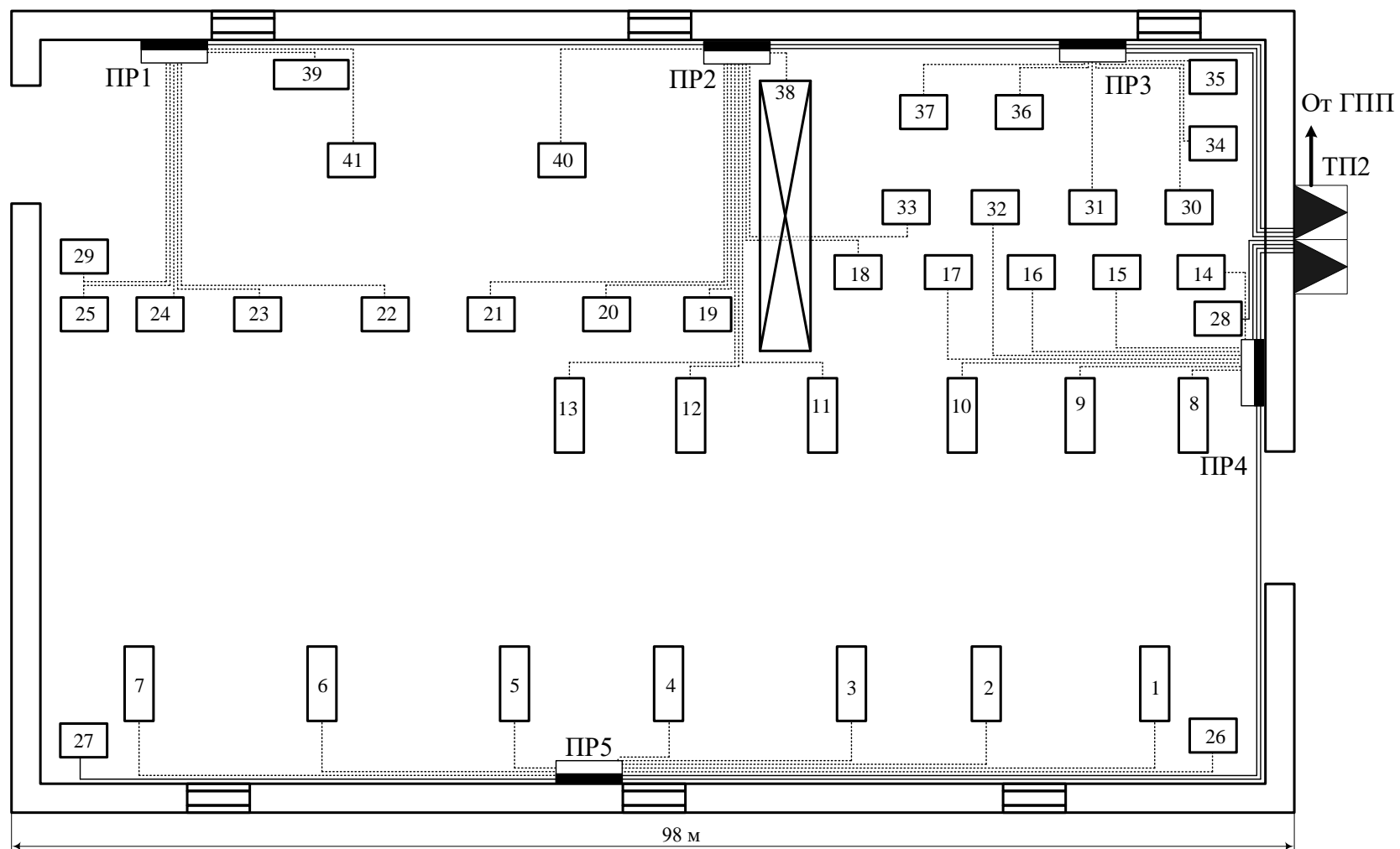


Рисунок 2.1 – План расположения распределительных пунктов в здании кузнечного цеха

Кран-балка ПВ = 40%

$$P_{\text{ном}} = P \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 22,0 \cdot \sqrt{0,4} = 13,914 \text{ кВт.}$$

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность электроприемников (на примере группы «А» ПР1)

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} = 52,0 + 52,0 + 8,0 = 112,0 \text{ кВт.}$$

Коэффициент использования $K_{\text{и}}$, $\cos\varphi$, $\text{tg}\varphi$ для каждого электроприемника или группы электроприемников определяется по справочным данным [1, стр. 19, табл. 1.7].

Средняя активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену для электроприемников (на примере станков)

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном.}\Sigma} = 0,12 \cdot 52,0 = 6,2 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 6,2 \cdot 1,73 = 10,8 \text{ кВт.}$$

где $P_{\text{ном}}$ – суммарная номинальная активная мощность электроприемников;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования активной мощности;

$\text{tg}\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Для каждой группы электроприемников подводится итог по среднесменной активной и реактивной нагрузке для всей группы (на примере группы «А»)

$$P_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см.}i} = 6,2 + 13,0 + 3,2 = 22,4 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{А}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см.}i} = 10,8 + 13,3 + 3,3 = 27,3 \text{ кВАр.}$$

Диапазон величины модуля силовой сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{31,0}{8,0} = 3,9 > 3.$$

Определение средневзвешенного коэффициента использования по группе

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см}}^{\text{А}}}{P_{\text{ном.}\Sigma}} = \frac{22,4}{112,0} = 0,20.$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{CM}}^{\text{A}}}{P_{\text{CM}}^{\text{A}}} = \frac{27,3}{22,4} = 1,22.$$

Для электроприемников группы «А» определим эффективное число электроприемников n_3

$$n_3 = \frac{[P_{\text{НОМ.}\Sigma}]^2}{\sum P_{\text{НОМ}}^2} = \frac{112,0^2}{2608,0} = 4,8 \text{ шт.},$$

принимаем $n_3 = 5$ шт.

Коэффициент максимума активной мощности [2, стр. 28, табл. 2.1]

$$K_M = 2,34.$$

Коэффициент максимума реактивной мощности

$$K'_M = 1,1.$$

Расчетная активная и реактивная мощности пункта

$$P_p^{\text{A}} = K_M \cdot P_{\text{CM}}^{\text{A}} = 2,34 \cdot 22,4 = 52,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p^{\text{A}} = K'_M \cdot Q_{\text{CM}}^{\text{A}} = 1,1 \cdot 27,3 = 30,1 \text{ кВАр.}$$

С учетом того, что в группе "Б" количество приемников не превышает трех штук, расчетные активная и реактивная мощности рассчитываются по суммарной номинальной мощности приемников группы

$$P_p^{\text{B}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.}i}^{\text{B}} = 5,0 \text{ кВт}, \quad Q_p^{\text{B}} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{НОМ.}i}^{\text{B}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i) = 3,8 \text{ кВАр.}$$

Определяем активную, реактивную и полную расчетные мощности электроприемников пункта

$$P_p = P_p^{\text{A}} + P_p^{\text{B}} = 52,5 + 5,0 = 57,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_p^{\text{A}} + Q_p^{\text{B}} = 30,1 + 3,8 = 33,8 \text{ кВАр},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{57,5^2 + 33,8^2} = 66,7 \text{ кВА.}$$

Определение расчётного тока пункта

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{66,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 101,4 \text{ А},$$

где $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение электроприемников, В.

Определение пикового тока пункта

Номинальный ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{31,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,89} = 105,8 \text{ A},$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

η – КПД электроприемника.

Пусковой ток самого мощного электроприемника пункта

$$I_{\text{ПУСК}}^{\text{max}} = K_{\text{ПУСК}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{max}} = 5 \cdot 105,8 = 529,2 \text{ A},$$

где $K_{\text{ПУСК}}$ – кратность пускового тока.

Пиковый ток пункта

$$I_{\text{ПИК.П}} = I_{\text{ПУСК}}^{\text{max}} + (I_p - K_{\text{и.мах}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{max}}) = 529,2 + (101,4 - 0,12 \cdot 105,8) = 617,9 \text{ A},$$

где $K_{\text{и.мах}}$ – коэффициент использования самого мощного электроприемника.

Номинальная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по удельной плотности осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{\text{НОМ.О}} = P_{\text{уд.О}} \cdot F_{\text{ц}} = 0,005 \cdot 6000 = 30,0 \text{ кВт},$$

где $F_{\text{ц}}$ – площадь цеха, м²;

$P_{\text{уд.О}}$ – удельная плотность осветительной нагрузки [1, стр. 22, табл. 1.11], кВт/м².

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха

$$P_{\text{р.О}} = K_{\text{со}} \cdot P_{\text{НОМ.О}} = 0,95 \cdot 30,0 = 28,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{р.О}} = P_{\text{р.О}} \cdot \text{tg}\varphi_0 = 28,5 \cdot 0,48 = 13,8 \text{ кВАр},$$

где $K_{\text{со}}$ – коэффициент спроса для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов [1, стр. 22, табл. 1.10];

$\text{tg}\varphi_0$ – для светодиодных ламп.

Определение расчётной нагрузки цеха с учетом освещения

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_p + P_{\text{р.О}})^2 + (Q_p + Q_{\text{р.О}})^2} = \\ &= \sqrt{(594,7 + 28,5)^2 + (427,7 + 13,8)^2} = 763,7 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Определение расчётного тока цеха

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{763,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1160,3 \text{ A}.$$

Определение пикового тока цеха

Номинальный ток самого мощного электроприемника цеха

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{80,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 168,8 \text{ A.}$$

Пусковой ток самого мощного электроприемника цеха

$$I_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}} = 7 \cdot 168,8 = 1181,7 \text{ A.}$$

Пиковый ток цеха

$$I_{\text{пик.ц}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_p - K_{\text{у.мах}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}) = 1181,7 + (1160,3 - 0,75 \cdot 168,8) = 2215,4 \text{ A.}$$

Распределение электроприемников по пунктам питания и расчет электрических нагрузок по пунктам питания сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Определение расчетных нагрузок кузнечного цеха

Наименование узлов питания и групп ЭП	Количество ЭП, п	Установленная мощность		$m = P_{\text{ном. max}} / P_{\text{ном. min}}$	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$	Средняя нагрузка за смену		Эффективное число электроприемников n_3	Коэффициент максимума $K_{\text{м}}$	Расчетная нагрузка			$I_{\text{р}}, \text{А}$	$I_{\text{пик}}, \text{А}$
		$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$\Sigma P_{\text{ном}}, \text{кВт}$					$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi, \text{кВАр}$			$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р}} = (1 + 1,1) \cdot Q_{\text{см}}, \text{кВАр}$	$S_{\text{р}} = \sqrt{(P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2)}, \text{кВА}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пункт распределительный ПР-1																
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																
1 Станки разные	2	21,0 ÷ 31,0	52,0		0,12	0,50	1,73	6,2	10,8							
2 Пресс	3	11,0 ÷ 30,0	52,0		0,25	0,70	1,02	13,0	13,3							
3 Конвейер	1	8,0 ÷ 8,0	8,0		0,40	0,70	1,02	3,2	3,3							
Итого по группе "А"	6	8,0 ÷ 31,0	112,0	>3	0,20	0,63	1,22	22,4	27,3	5	2,34	52,5	30,1	60,5		
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																
4 Вентилятор калорифера	1	5,0 ÷ 5,0	5,0		0,75	0,80	0,75	3,8	2,8							
Итого по группе "Б"	1	5,0 ÷ 5,0	5,0		0,75	0,80	0,75	3,8	2,8			5,0	3,8	6,3		
Итого по ПР-1	7	5,0 ÷ 31	117,0		0,22	0,66	1,15	26,2	30,1			57,5	33,8	66,7	101,4	617,9
Пункт распределительный ПР-2																
Электроприемники группы "А" $K_{\text{и}} < 0,6$																
1 Станки разные	6	12,0 ÷ 33,0	145,0		0,12	0,50	1,73	17,4	30,1							
2 Гидропресс	2	30,0 ÷ 30,0	60,0		0,25	0,70	1,02	15,0	15,3							
3 Кран мостовой ПВ=40%	1	13,9 ÷ 13,9	13,9		0,10	0,50	1,73	1,4	2,4							
Итого по группе "А"	9	12,0 ÷ 33,0	218,9	<3	0,15	0,58	1,42	33,8	47,9	9	2,17	73,3	52,6	90,3		
Электроприемники группы "Б" $K_{\text{и}} \geq 0,6$																
4 Насос гидравлический	1	50,0 ÷ 50,0	50,0		0,70	0,80	0,75	35,0	26,3							
Итого по группе "Б"	1	50,0 ÷ 50,0	50,0		0,70	0,80	0,75	35,0	26,3			50,0	37,5	62,5		
Итого по ПР-2	10	12,0 ÷ 50,0	268,9		0,26	0,68	1,08	68,8	74,1			123,3	90,1	152,8	232,1	781,9

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пункт распределительный ПР-3																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1 Станки разные	4	17,0 ÷ 18,0	70,0		0,12	0,50	1,73	8,4	14,5							
Итого по группе "А"	4	17,0 ÷ 18,0	70,0	<3	0,12	0,50	1,73	8,4	14,5	4	3,03	25,5	16,0	30,1		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
2 Насос гидравлический	2	50,0 ÷ 50,0	100,0		0,70	0,80	0,75	70,0	52,5							
Итого по группе "Б"	2	50,0 ÷ 50,0	100,0		0,70	0,80	0,75	70,0	52,5			100,0	75,0	125,0		
Итого по ПР-3	6	17,0 ÷ 50,0	170,0		0,46	0,76	0,86	78,4	67,0			125,5	91,0	155,0	235,5	689,2
Пункт распределительный ПР-4																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1 Станки разные	7	1,0 ÷ 33,0	146,0		0,12	0,50	1,73	17,5	30,3							
Итого по группе "А"	7	1,0 ÷ 33,0	146,0	>3	0,12	0,50	1,73	17,5	30,3	5	2,82	49,3	33,4	59,6		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
2 Насос гидравлический	1	50,0 ÷ 50,0	50,0		0,70	0,80	0,75	35,0	26,3							
Итого по группе "Б"	1	50,0 ÷ 50,0	50,0		0,70	0,80	0,75	35,0	26,3			50,0	37,5	62,5		
Итого по ПР-4	8	1,0 ÷ 50,0	196,0		0,27	0,68	1,08	52,5	56,6			99,3	70,9	122,0	185,4	735,3
Пункт распределительный ПР-5																
Электроприемники группы "А" $K_n < 0,6$																
1 Станки разные	7	6,0 ÷ 15,0	79,0		0,12	0,50	1,73	9,5	16,4							
Итого по группе "А"	7	6,0 ÷ 15,0	79,0	<3	0,12	0,50	1,73	9,5	16,4	7	2,54	24,0	18,1	30,1		
Электроприемники группы "Б" $K_n \geq 0,6$																
2 Вентилятор калорифера	1	5,0 ÷ 5,0	5,0		0,75	0,80	0,75	3,8	2,8							
Итого по группе "Б"	1	5,0 ÷ 5,0	5,0		0,75	0,80	0,75	3,8	2,8			5,0	3,8	6,3		
Итого по ПР-5	8	5,0 ÷ 15,0	84,0		0,16	0,57	1,45	13,2	19,2			29,0	21,8	36,3	55,2	305,1
Отдельно запитанные электроприемники																
1 Вентилятор вытяжной	2	80	160		0,75	0,80	0,75	120,0	90,0			160,0	120,0	200,0	168,8	1181,7
Итого силовая нагрузка	41	1,0 ÷ 80	995,9		0,36	0,73	0,94	359,1	337,1			594,7	427,7	732,8		
Электрическое освещение			30,0	$K_{co} = 0,95$	0,90	0,48	28,5	13,8				28,5	13,8			
Итого по цеху	41	1,0 ÷ 80	1025,9		0,38	0,74	0,91	387,6	350,9			623,2	441,5	763,7	1160,3	1710,2

3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия

Расчет электрических нагрузок предприятия производится по установленной мощности и коэффициенту спроса [3]. Расчетная нагрузка силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений

$$P_p = K_c \cdot P_{уст}, \quad Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где P_p , Q_p – суммарные активная и реактивная мощности всех приемников цеха;

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Расчет осветительной нагрузки цехов идентичен расчету осветительной нагрузки рассчитанного цеха.

Расчетная активная мощность групп приемников выше 1000 В определяется по вышеприведенным формулам и учитываются отдельно.

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.1.

Пример расчета (Механосборочный цех)

$$P_{уст} = 3050 \text{ кВт}, \quad K_c = 0,20, \quad \cos \varphi = 0,60, \quad \operatorname{tg} \varphi = 1,13.$$

Расчетные активная и реактивная мощности корпуса

$$P_p = K_c \cdot P_{уст} = 0,20 \cdot 3050 = 610 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 610 \cdot 1,13 = 689,3 \text{ кВАр}.$$

Номинальная нагрузка осветительных приемников корпуса определяется по удельной плотности осветительной нагрузки и площади цеха

$$P_{н.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,006 \cdot 3431 = 20,6 \text{ кВт}.$$

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по номинальной мощности и коэффициенту спроса

$$P_{p.o} = K_{co} \cdot P_{ном.o} = 0,95 \cdot 20,6 = 19,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \operatorname{tg} \varphi_o = 19,6 \cdot 0,48 = 9,5 \text{ кВАр}.$$

Полная максимальная мощность корпуса

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + (Q_p + Q_{p.o})^2} = \\ \sqrt{(610 + 19,6)^2 + (689,3 + 9,5)^2} = 1036,0 \text{ кВА}.$$

Таблица 3.1 – Определение расчетных нагрузок по цехам предприятия

Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка						Суммарная нагрузка		
	P_n , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	F , м ²	$P_{уд\ o}$, Вт/м ²	$P_{но}$, кВт	K_{co}	$P_{ро}$, кВт	$Q_{ро}$, кВАр	$P_p+P_{ро}$, кВт	$Q_p+Q_{ро}$, кВт	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Потребители электроэнергии до 1000 В															
1 Кузнечный цех	995,9	–	0,73	0,94	594,7	427,7	6000	5	30,0	0,95	28,5	9,4	623,2	437,0	761,2
2 Механосборочный цех	3050,0	0,20	0,60	1,33	610,0	813,3	3431	6	20,6	0,95	19,6	6,4	629,6	819,8	1033,6
3 Литейный цех	6400,0	0,40	0,80	0,75	2560,0	1920,0	4198	5	21,0	0,95	19,9	6,6	2579,9	1926,6	3219,9
4 Металлопрокатный цех	1500,0	0,35	0,80	0,75	525,0	393,8	3792	5	19,0	0,95	18,0	5,9	543,0	399,7	674,2
5 Инструментальный цех	210,0	0,20	0,60	1,33	42,0	56,0	2316	6	13,9	0,95	13,2	4,3	55,2	60,3	81,8
6 Заводоуправление	140,0	0,40	0,70	1,02	56,0	57,1	1431	10	14,3	0,90	12,9	4,2	68,9	61,4	92,2
7 Цех упаковки	400,0	0,20	0,60	1,33	80,0	106,7	1199	5	6,0	0,95	5,7	1,9	85,7	108,5	138,3
8 Сварочный цех	2000,0	0,20	0,65	1,17	400,0	467,7	4044	5	20,2	0,95	19,2	6,3	419,2	474,0	632,8
9 Термический цех	6500,0	0,50	0,65	1,17	3250,0	3799,7	9684	5	48,4	0,95	46,0	15,1	3296,0	3814,8	5041,5
10 Механический цех	1250,0	0,35	0,60	1,33	437,5	583,3	2741	6	16,4	0,95	15,6	5,1	453,1	588,5	742,7
11 Автотранспортный цех	400,0	0,30	0,70	1,02	120,0	122,4	1588	5	7,9	0,95	7,5	2,5	127,5	124,9	178,5
12 Инженерный корпус	1400,0	0,40	0,70	1,02	560,0	571,3	1393	10	13,9	0,80	11,1	3,7	571,1	575,0	810,4
13 Котельная	700,0	0,40	0,80	0,75	280,0	210,0	2405	5	12,0	0,95	11,4	3,8	291,4	213,8	361,4
14 Компрессорная	34,0	0,50	0,75	0,88	17,0	15,0	4498	5	22,5	0,95	21,4	7,0	38,4	22,0	44,2
15 Насосная водоснабжения	1200,0	0,50	0,75	0,88	600,0	529,2	4089	5	20,4	0,95	19,4	6,4	619,4	535,5	818,8
16 Насосно-фильтровальная станция	360,0	0,50	0,75	0,88	180,0	158,7	3249	5	16,2	0,95	15,4	5,1	195,4	163,8	255,0
17 Насосная водоснабжения	210,0	0,50	0,75	0,88	105,0	92,6	1338	5	6,7	0,95	6,4	2,1	111,4	94,7	146,2
18 Градирия	160,0	0,50	0,75	0,88	80,0	70,6	2094	5	10,5	0,95	9,9	3,3	89,9	73,8	116,4

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
19 Станция очистки масел	70,0	0,40	0,70	1,02	28,0	28,6	4843	5	24,2	0,95	23,0	7,6	51,0	36,1	62,5
20 Склад химикатов	90,0	0,30	0,80	0,75	27,0	20,3	1426	8	11,4	0,60	6,8	2,2	33,8	22,5	40,6
21 Склад ГСМ и ЛВЖ	125,0	0,20	0,60	1,33	25,0	33,3	1588	8	12,7	0,60	7,6	2,5	32,6	35,8	48,5
22 Склад готовой продукции	118,0	0,30	0,80	0,75	35,4	26,6	2211	8	17,7	0,60	10,6	3,5	46,0	30,0	54,9
23 Блок складов	47,0	0,30	0,80	0,75	14,1	10,6	1746	8	14,0	0,60	8,4	2,8	22,5	13,3	26,1
24 Столовая	400,0	0,40	0,90	0,48	160,0	77,5	1064	8	8,5	0,90	7,7	2,5	167,7	80,0	185,8
Территория завода	0	–	–	–	0	0	256442	0,16	41,0	1	41,0	13,5	41,0	13,5	43,2
Итого по 0,38 кВ	27759,9	–	–	–	10786,7	10591,7	$\Sigma F_{\text{н}} = 72368$		449,6	–	406,4	133,6	11193,1	10725,3	15502,2
Потребители электроэнергии выше 1000 В															
14 Компрессорная	2100,0	0,50	0,95	0,33	1050,0	345,1	–	–	–	–	–	–	1050,0	345,1	1105,3
Итого по 10 кВ	2100,0	–	–	–	1050,0	345,1	–	–	–	–	–	–	1050,0	345,1	1105,3

Для удобства вынесем отдельно результаты расчетов

$$\begin{aligned}\sum P_p^H &= 10786,7 \text{ кВт}, & \sum Q_p^H &= 10591,7 \text{ кВАр}, \\ \sum P_{p.o} &= 406,4 \text{ кВт}, & \sum Q_{p.o} &= 133,6 \text{ кВАр}, \\ \sum P_p^B &= 1050,0 \text{ кВт}, & \sum Q_p^B &= 345,1 \text{ кВАр},\end{aligned}$$

Полная мощность нагрузки предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену

$$\begin{aligned}S_p^H &= \sqrt{\left(\sum P_p^H + \sum P_{p.o}\right)^2 + \left(\sum Q_p^H + \sum Q_{p.o}\right)^2} = \\ &= \sqrt{(10786,7 + 406,4)^2 + (10591,7 + 133,6)^2} = 15502,2 \text{ кВА}.\end{aligned}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений [3, стр. 32]

$$\begin{aligned}\Delta P_{тр} &= 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 15502,2 = 310,0 \text{ кВт}, \\ \Delta Q_{тр} &= 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 15502,2 = 1550,2 \text{ кВАр}, \\ \Delta P_{л} &= 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 15502,2 = 465,1 \text{ кВт},\end{aligned}$$

где $\Delta P_{тр}$ – потери активной мощности в цеховых трансформаторах, кВт;

$\Delta Q_{тр}$ – потери реактивной мощности в цеховых трансформаторах, кВАр;

$\Delta P_{л}$ – потери активной мощности в линиях, кВт.

Суммарные расчетные активная, реактивная и полная мощности с учетом потерь в линиях и цеховых трансформаторах

$$\begin{aligned}P_{p\Sigma} &= \left(\sum P_p^H + \sum P_p^B\right) \cdot K_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{л} = \\ &= (10786,7 + 1050) \cdot 0,95 + 406,4 + 310 + 465,1 = 12426,4 \text{ кВт}, \\ Q_{p\Sigma} &= \left(\sum Q_p^H + \sum Q_p^B\right) \cdot K_{p.m} + Q_{p.o} + \Delta Q_{тр} = \\ &= (10591,7 + 345,1) \cdot 0,95 + 133,6 + 1550,2 = 12073,8 \text{ кВАр}, \\ S_{p\Sigma} &= \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{12426,4^2 + 12073,8^2} = 17326,0 \text{ кВА}.\end{aligned}$$

где $K_{p.m} = 0,9 \div 0,95$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки [3, стр. 35].

Приблизительные потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{тр.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 17326,0 = 346,5 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{тр.ГПП} = 0,10 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 17326,0 = 1732,6 \text{ кВАр},$$

где $\Delta P_{тр.ГПП}$ – потери активной мощности в трансформаторах ГПП, кВт;

$\Delta Q_{тр.ГПП}$ – потери реактивной мощности в трансформаторах ГПП, кВАр.

Определяем полную расчетную мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП

$$\begin{aligned} S_p &= \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{тр.ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{тр.ГПП})^2} = \\ &= \sqrt{(12426,4 + 346,5)^2 + (12073,8 + 1732,6)^2} = \\ &= \sqrt{12772,9^2 + 13806,4^2} = 18808,6 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Т.о., произведен расчет нагрузки предприятия без учета компенсации реактивной мощности. Чтобы учесть компенсацию реактивной мощности необходимо определиться с уровнем напряжения питающих линий.

При выборе напряжения питающей линии ГПП используются следующие рекомендации [5, стр. 46]:

- напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА;
- напряжение 110 кВ целесообразно применять при потребляемой предприятием мощности 10 – 120 МВА;
- при мощностях, превышающих 120 – 150 МВА, для электроснабжения предприятия возможно применение напряжения 220 кВ.

Для определения экономически целесообразной величины напряжения питающей линии ГПП воспользуемся формулой Илларионова

$$U_{эк} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{50,0} + \frac{2500}{12,773}}} = 69,7 \text{ кВ},$$

где L – длина питающей линии, км;

$U_{\text{эк}}$ – экономическое напряжение рассматриваемого участка, кВ.

С учетом рекомендаций принимаем напряжение $U_{\text{ном}} = 110$ кВ.

Реактивная мощность, передаваемая в сеть предприятия от системы

$$Q_3 = \alpha \cdot P_p = 0,29 \cdot 12772,9 = 3704,1 \text{ кВАр},$$

где α – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы [3, стр. 35].

Приблизительное значение мощности компенсирующих устройств

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_3 = 13806,4 - 3704,1 = 10102,3 \text{ кВАр}.$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП с учетом компенсации реактивной мощности

$$S_{\text{р.ГПП}} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ку}})^2} = \sqrt{12772,9^2 + (13806,4 - 10102,3)^2} = \\ \sqrt{12772,9^2 + 3704,1^2} = 13299,2 \text{ кВА}.$$

В дальнейшем, после точного определения мощности компенсирующих устройств будет определено более точное значение полной расчетной мощности предприятия.

3.2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Для определения места расположения ГПП, на генплане предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В.

На генплан предприятия произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха.

Пример расчета (Кузнечный цех)

$$S_p = 761,2 \text{ кВА}, \quad S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{28,5^2 + 9,4^2} = 30,0 \text{ кВА},$$

$$x = 56,6 \text{ мм}, \quad y = 110,6 \text{ мм},$$

Радиус окружности для силовой нагрузки корпуса

$$r = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{761,2}{\pi \cdot 2,350}} = 10,2 \text{ мм},$$

где $S_{p.i}$ – расчетная полная мощность i -того цеха с учетом освещения, кВА;

m – масштаб для определения площади круга нагрузки, кВА/мм².

Угол сектора нагрузки освещения корпуса

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot S_{p.o}}{S_p} = \frac{360^\circ \cdot 30,0}{761,2} = 14,2 \text{ град.}$$

Тогда

$$S_p \cdot x = 761,2 \cdot 56,6 = 43081,2 \text{ кВА} \cdot \text{мм},$$

$$S_p \cdot y = 761,2 \cdot 110,6 = 84183,5 \text{ кВА} \cdot \text{мм}.$$

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.2.

Координаты центра электрических нагрузок предприятия

$$x_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot x_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{2624558,2}{16672,8} = 157,4 \text{ мм},$$

$$y_0 = \frac{\sum(S_{p.i} \cdot y_i)}{\sum S_{p.i}} = \frac{1956485,5}{16672,8} = 117,3 \text{ мм}.$$

Так как ЦЭН попал в зону расположения цехов, то расположение ГПП смещается в сторону открытой площадки. Тогда новые координаты ЦЭН будут

$$x_0 = 111,0 \text{ мм}, \quad y_0 = 91,8 \text{ мм}.$$

Картограмма нагрузок приведена на рисунке 3.1.

Таблица 3.2 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

Наименование цеха	S_{pi} , кВА	$S_{po.i}$, кВАр	r , мм	α , град	x_i , мм	y_i , мм	$S_{pi} \cdot x_i$, кВА·мм	$S_{pi} \cdot y_i$, кВА·мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители электроэнергии до 1000 В								
1 Кузнечный цех	761,2	30,0	10,2	14,2	56,6	110,6	43081,2	84183,5
2 Механосборочный цех	1033,6	20,6	11,8	7,2	125,0	120,4	129201,3	124446,7
3 Литейный цех	3219,9	21,0	20,9	2,3	160,1	119,0	515504,7	383167,1
4 Металлопрокатный цех	674,2	19,0	9,6	10,1	39,6	159,0	26699,9	107204,0
5 Инструментальный цех	81,8	13,9	3,3	61,2	157,2	73,0	12855,8	5969,9
6 Заводоуправление	92,2	13,6	3,5	52,9	20,2	78,5	1863,4	7241,6
7 Цех упаковки	138,3	6,0	4,3	15,6	72,1	154,6	9970,8	21379,7
8 Сварочный цех	632,8	20,2	9,3	11,5	60,7	80,0	38408,3	50620,4
9 Термический цех	5041,5	48,4	26,1	3,5	217,3	101,0	1095507,4	509186,6
10 Механический цех	742,7	16,4	10,0	8,0	122,6	148,0	91056,1	109920,9
11 Автотранспортный цех	178,5	7,9	4,9	16,0	135,4	168,4	24171,1	30062,2
12 Инженерный корпус	810,4	11,7	10,5	5,2	72,8	169,5	58999,6	137368,7
13 Котельная	361,4	12,0	7,0	12,0	157,4	97,0	56886,3	35057,0
14 Компрессорная	44,2	22,5	2,4	183,0	247,0	146,0	10925,6	6458,0
15 Насосная оборотного водоснабжения	818,8	20,4	10,5	9,0	202,6	143,0	165894,8	117092,6
16 Насосно-фильтровальная станция	255,0	16,2	5,9	22,9	69,0	52,0	17595,7	13260,5
17 Насосная водоснабжения	146,2	6,7	4,4	16,5	19,2	52,0	2806,5	7601,0
18 Градирня	116,4	10,5	4,0	32,4	54,8	26,0	6376,6	3025,4
19 Станция очистки масел	62,5	24,2	2,9	139,5	129,6	32,5	8100,3	2031,3
20 Склад химикатов	40,6	7,2	2,3	63,8	11,6	142,0	471,4	5771,1
21 Склад ГСМ и ЛВЖ	48,5	8,0	2,6	59,6	19,0	16,0	920,8	775,4
22 Склад готовой продукции	54,9	11,2	2,7	73,2	183,1	17,0	10061,3	934,1
23 Блок складов	26,1	8,8	1,9	121,5	195,2	39,0	5101,7	1019,3
24 Столовая	185,8	8,1	5,0	15,6	102,8	168,7	19097,5	31339,9
Потребители электроэнергии выше 1000 В								
14 Компрессорная	1105,3	–	36,1	–	247,0	146,0	273000,0	161368,4
Итого	16672,8	–	–	–	–	–	2624558,2	1956485,5

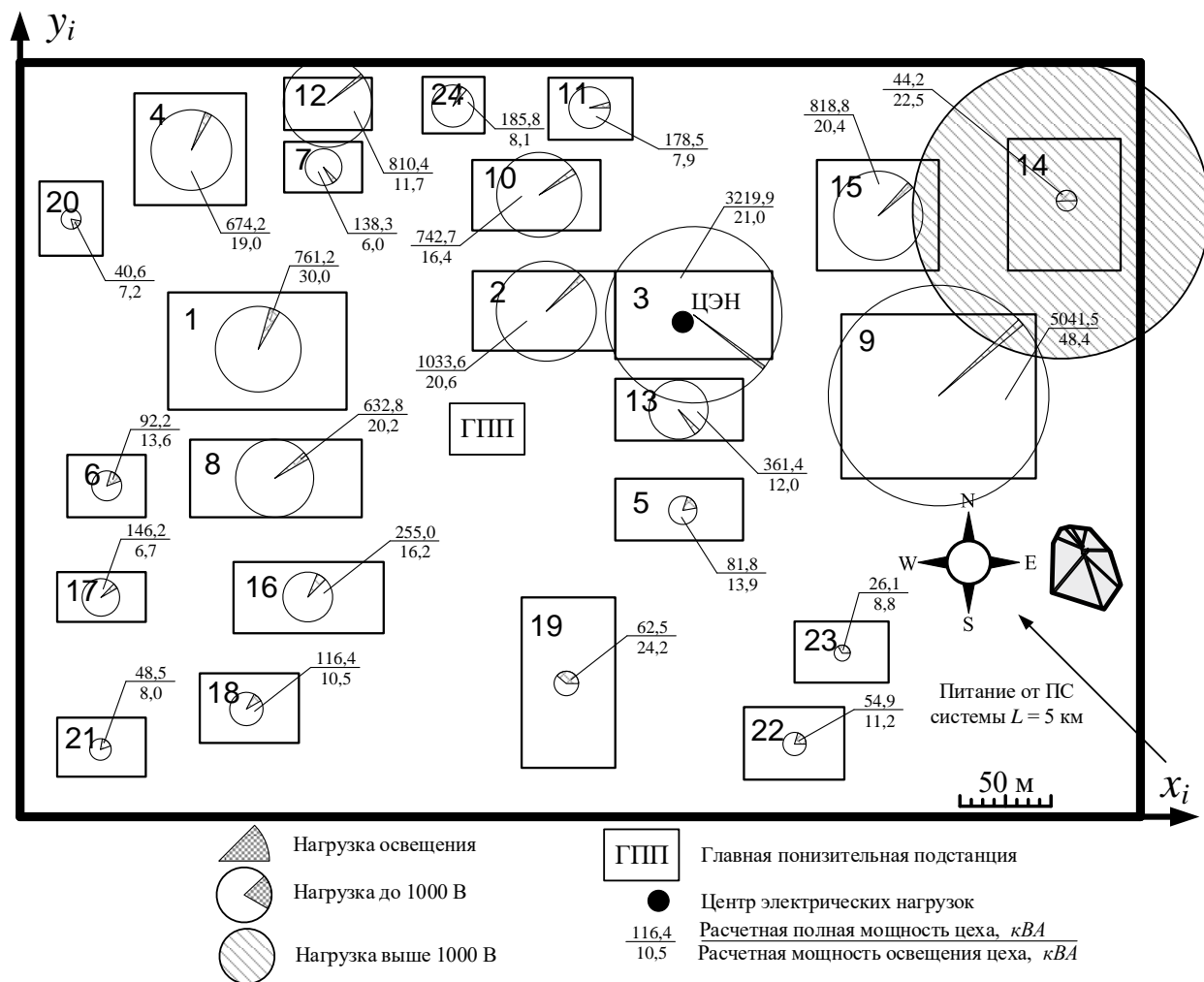


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок

3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки [2, стр. 82, табл. 5.1]

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{ц}} = \frac{15502,2}{72368,0} = 0,214 \text{ кВА/м}^2,$$

принимаем $S_{\text{ном.тр}} = 1000 \text{ кВА}$.

Таблица 3.3 – Данные по трансформаторам [1, стр. 157, табл. 7.3]

Тип	$S_{\text{ном}}$, МВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	$P_{\text{хх}}$, кВт	$Q_{\text{хх}}$, кВАр	$P_{\text{кз}}$, кВт	$Q_{\text{кз}}$, кВАр	$U_{\text{к}}$, %	$I_{\text{хх}}$, %
ТМ-1000/10	1,00	10,0	0,4	2,45	14,0	12,2	55,0	5,5	1,40

Минимальное число цеховых трансформаторов

$$n_{\text{тр.0}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{\beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{11193,1}{0,7 \cdot 1000} = 15,99 \text{ шт},$$

принимаем $n_{\text{тр}} = 16 \text{ шт}$.

Активная нагрузка на один трансформатор

$$P_1 = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{n_{\text{тр}}} = \frac{11193,1}{16} = 699,6 \text{ кВт}.$$

Число трансформаторов для установки в цехах предприятия (корпус №1)

$$n_{\text{тр.i}} = \frac{\sum(P_p^H + P_{p.0})}{P_1} = \frac{623,2}{699,6} = 0,891 \text{ шт}.$$

Нагрузки цехов объединяются таким образом, чтобы трансформаторные подстанции были загружены оптимально, а количество трансформаторов было в пределах расчетного числа трансформаторов.

Результаты расчетов располагаются в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Число трансформаторов в цехах предприятия

Наименования цехов	$P_p + P_{p.0}$, кВт	Количество тр-ов n_i , шт
1	2	3
1 Кузнечный цех	623,2	0,891
2 Механосборочный цех	629,6	0,900
3 Литейный цех	2579,9	3,688
4 Металлопрокатный цех	543,0	0,776
5 Инструментальный цех	55,2	0,079

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
6 Заводоуправление	68,9	0,098
7 Цех упаковки	85,7	0,122
8 Сварочный цех	419,2	0,599
9 Термический цех	3296,0	4,711
10 Механический цех	453,1	0,648
11 Автотранспортный цех	127,5	0,182
12 Инженерный корпус	571,1	0,816
13 Котельная	291,4	0,417
14 Компрессорная	38,4	0,055
15 Насосная оборотного водоснабжения	619,4	0,885
16 Насосно-фильтровальная станция	195,4	0,279
17 Насосная водоснабжения	111,4	0,159
18 Градирня	89,9	0,129
19 Станция очистки масел	51,0	0,073
20 Склад химикатов	33,8	0,048
21 Склад ГСМ и ЛВЖ	32,6	0,047
22 Склад готовой продукции	46,0	0,066
23 Блок складов	22,5	0,032
24 Столовая	167,7	0,240

На основании расчетов и группирований нагрузок на генплане предприятия производим расстановку цеховых трансформаторных подстанций, таблица 3.5, рисунок 3.2.

Таблица 3.5 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания и количество трансформаторов	Потребители энергии (номер по генплану)	Суммарная мощность, кВт	Место расположения на генплане
ТП1 2 трансф.	10, 11, 12, 24	1319,5	Цех №10
ТП2 2 трансф.	1, 4, 6, 7, 17, 20	1466,0	Цех №1
ТП3 1 трансф.	8, 16, 18, 21	737,2	Цех №8
ТП4 1 трансф.	2	629,6	Цех №2
ТП5 2 трансф.	3	1435,7	Цех №3
ТП6 2 трансф.	3, 13	1435,7	Цех №13
ТП7 2 трансф.	14, 15, 9	1376,2	Цех №14
ТП8 2 трансф.	9	1376,2	Цех №9
ТП9 2 трансф.	5, 19, 22, 23, 9	1376,2	Территория предприятия

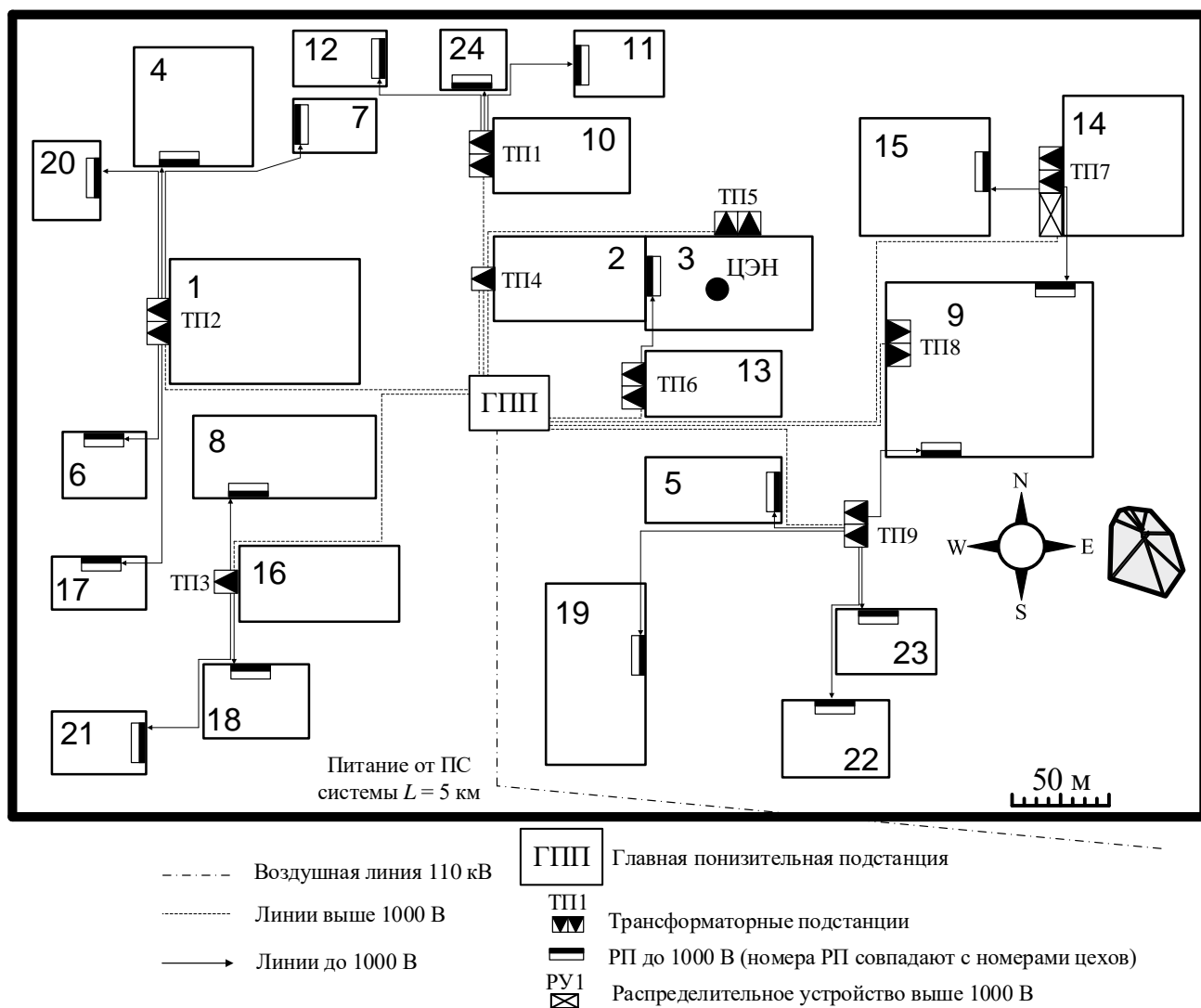


Рисунок 3.2 – Предварительное размещение трансформаторных подстанций

3.4 Составление схемы внешнего электроснабжения

Принимаем схему внешнего электроснабжения в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. При нарушении в трансформаторе, сработает защита и подаст сигнал на отключение выключателя в цепях трансформатора на низкой и высокой стороне. Секционный выключатель низкой стороны подключит секцию, оставшуюся без напряжения. Разъединители в ремонтной перемычке нормально отключены. В случае вывода в ремонт трансформатора или выключателя в цепи трансформатора есть возможность оставить в работе обе питающие линии путем включения разъединителей перемычки. Причем сначала включается перемычка, а затем отключаются цепи трансформатора. Схема представлена на рисунке 3.3

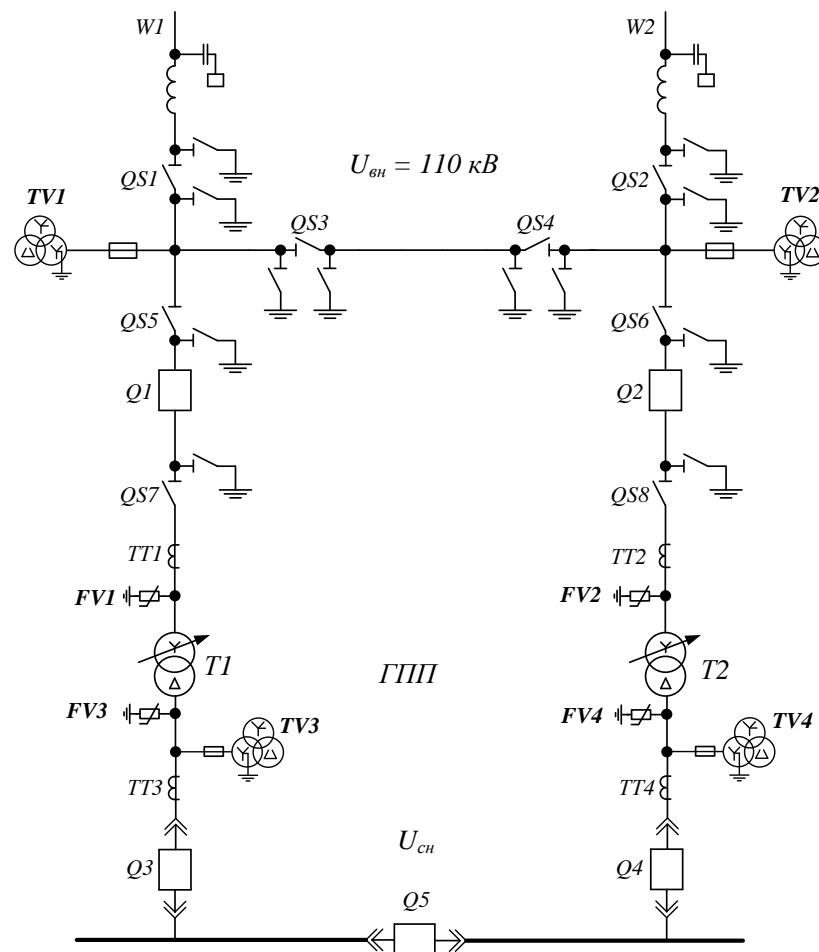


Рисунок 3.3 – Схема внешнего электроснабжения

При двух установленных на подстанции трансформаторов, при аварии с одним из параллельно работающих трансформаторов, оставшийся в работе принимает на себя его нагрузку.

С учетом того, что на предприятии применяются приемники II категории, примем двухтрансформаторную подстанцию.

Расчетная мощность трансформаторов

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{n_{\text{тр}} \cdot \beta_{\text{тр}}} = \frac{13299,2}{2 \cdot 0,7} = 9499,4 \text{ кВА.}$$

Полученное значение $S_{\text{тр.расч}}$ округляется до ближайшего большего стандартного значения. Исходя из расчета принимаем к установке на главной понизительной подстанции двухобмоточные трансформаторы марки ТДН-10000/110. Проверяем установленную мощность трансформатора в послеаварийном режиме при отключении одного из трансформаторов

$$S_{\text{р.ГПП}} = 13299,2 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1,4 \cdot 10000 = 14000 \text{ кВА.}$$

Следовательно, выбранная мощность трансформаторов обеспечивает электроснабжение предприятия в послеаварийном режиме.

Таблица 3.6 – Параметры трансформаторов [6, стр. 207, табл. 5.12], [6, стр. 209, табл. 5.13], [6, стр. 212, табл. 5.17]

Тип	$S_{ном},$ МВА	$U_{вн},$ кВ	$U_{нн},$ кВ	$P_{xx},$ кВт	$Q_{xx},$ кВАр	$P_{кз},$ кВт	$Q_{кз},$ кВАр	$U_k,$ %	$I_{xx},$ %
ТДН-10000/110	10,0	115	11	14,0	70,0	60,0	1050,0	10,5	0,70

Выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока.

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{расч} = \frac{S_{р.ГПП}}{n_{ц} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{13299,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 34,9 \text{ А.}$$

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{расч.п/ав} = \frac{S_{тр.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{13299,2}{\sqrt{3} \cdot 110} = 69,8 \text{ А.}$$

Экономическое сечение

$$F_{эк} = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{34,9}{1} = 34,9 \text{ мм}^2,$$

где $j_{эк}$ – нормированное значение экономической плотности тока с учетом числа часов использования максимальной нагрузки [15, табл. 1.3.36], А/мм².

Из стандартного ряда сечений принимаем сталеалюминевый провод марки АС-120/19 с $I_{доп} = 390 \text{ А}$ [6, стр. 82, табл. 3.15.].

– Проверка по перегрузочной способности (в послеаварийном режиме при отключении одной из питающих линий)

$$I_{расч.п/ав} < 1,3 \cdot I_{доп} = 1,3 \cdot 390 = 507,0 \text{ А,}$$

проверка выполняется.

– Проверка по условию механической прочности: согласно ПУЭ, воздушные линии напряжением 35 кВ и выше, сооружаемые на двухцепных опорах с применением сталеалюминевых проводов, должны иметь сечение не менее 120 мм². Таким образом, проверка выполняется.

– Проверка по допустимой потере напряжения

$$L_{доп} < L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп} \cdot \frac{I_{доп}}{I_{расч}} = 6,4 \cdot 5 \cdot \frac{390}{34,9} = 357,6 \text{ км} > L_{факт} = 50,0 \text{ км,}$$

где $\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимое значение потери напряжения, %;

$L_{\text{доп}}$ – допустимая длина питающей линии, км;

$L_{\text{факт}}$ – фактическая длина питающей линии, км;

$L_{\Delta U 1\%}$ – длина линии при полной загрузке, на которой потеря напряжения равна 1%, [3, стр. 89, табл. П.2.7].

проверка выполняется.

– Проверка на корону.

Минимально допустимое сечение проводов воздушной линии 110 кВ по условию короны составляет 70 мм² [15], что меньше, чем принятое сечение. Поэтому проверка выполняется.

3.5 Схема внутрив заводской сети выше 1000 В

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполняется трёхжильными кабелями марки АПвВнг с прокладкой по эстакадам. Питание высоковольтных двигателей осуществляем кабельными линиями той же марки, с прокладкой по эстакадам.

Упрощенная схема питания цеховых трансформаторных подстанций приведена на рисунке 3.4.

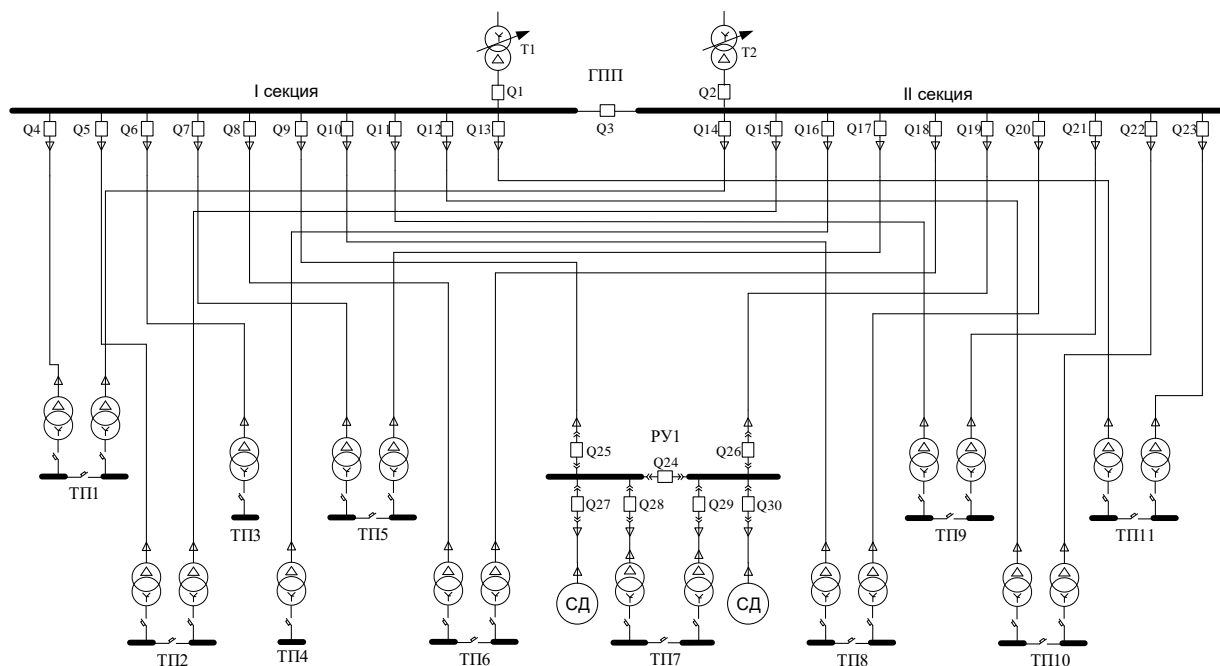


Рисунок 3.4 – Упрощенная схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников

Для кабелей с алюминиевыми жилами экономическое сечение при работе предприятия с $T_{\max} > 5000$ час/год определяется для экономической плотности тока $j_{\text{эк}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ [1, стр. 72, табл. 3.16].

ГПП – ТП1

Расчетный ток на одну цепь

$$I_{\text{расч}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{n_{\text{ц}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А},$$

где $S_{\text{ном.тр}}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

$n_{\text{тр}}$ – количество трансформаторов, шт;

$n_{\text{ц}}$ – количество цепей питающей линии, шт.

Расчетный ток в послеаварийном режиме

$$I_{\text{расч.п/ав}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}}{(n_{\text{ц}} - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 115,5 \text{ А}.$$

Экономическое сечение

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{57,7}{1,2} = 48,1 \text{ мм}^2.$$

Намечаем кабель марки АПВВнг-2(3×50) с $I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 0,85 \cdot 110 = 93,5 \text{ А} > I_{\text{расч}} = 57,7 \text{ А},$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прокладки при прокладке кабельных линий по эстакадам;

$$1,3 \cdot I'_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 93,5 = 121,6 \text{ А} > I_{\text{расч.п/ав}} = 115,5 \text{ А}.$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверок. Оставляем ранее намеченный кабель.

Дальнейшие расчеты сводим в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Выбор сечений проводников распределительной сети выше 1000 В

Участок	Мощность участка, кВА	n _ц , шт	U _{ном} , кВ	L, км	Расчетная нагрузка		F _{эк} , мм ²	K _{пр}	Марка и сечение	Допустимая нагрузка	
					I _{расч} , А	I _{расч.ав} , А				Г _{доп} , А	1,3 · Г _{доп} , А
ГПП – ТП1	2000,0	2	10	0,112	57,7	115,5	48,1	0,85	АПВВнг - 2 (3 × 50)	93,5	121,6
ГПП – ТП2	2000,0	2	10	0,197	57,7	115,5	48,1	0,90	АПВВнг - 2 (3 × 50)	99,0	128,7
ГПП – ТП3	1000,0	1	10	0,232	57,7	–	48,1	0,90	АПВВнг - 1 (3 × 50)	99,0	–
ГПП – ТП4	1000,0	1	10	0,048	57,7	–	48,1	0,85	АПВВнг - 1 (3 × 50)	93,5	–
ГПП – ТП5	2000,0	2	10	0,209	57,7	115,5	48,1	0,85	АПВВнг - 2 (3 × 50)	93,5	121,6
ГПП – ТП6	2000,0	2	10	0,057	57,7	115,5	48,1	0,80	АПВВнг - 2 (3 × 70)	112,0	145,6
РУ1 – ТП7	2000,0	2	10	0,017	57,7	115,5	48,1	0,90	АПВВнг - 2 (3 × 50)	99,0	128,7
ГПП – ТП8	2000,0	2	10	0,235	57,7	115,5	48,1	0,80	АПВВнг - 2 (3 × 70)	112,0	145,6
ГПП – ТП9	2000,0	2	10	0,221	57,7	115,5	48,1	0,80	АПВВнг - 2 (3 × 70)	112,0	145,6
ГПП – РУ1	3105,3	2	10	0,389	89,6	179,3	74,7	0,80	АПВВнг - 1 (3 × 95)	136,0	176,8
РУ1 – СД	1105,3	1	10	0,025	63,8	–	53,2	1,00	АПВВнг - 1 (3 × 50)	110,0	–

Выбранная схема распределения электроэнергии по территории предприятия приведена на рисунке 3.5.

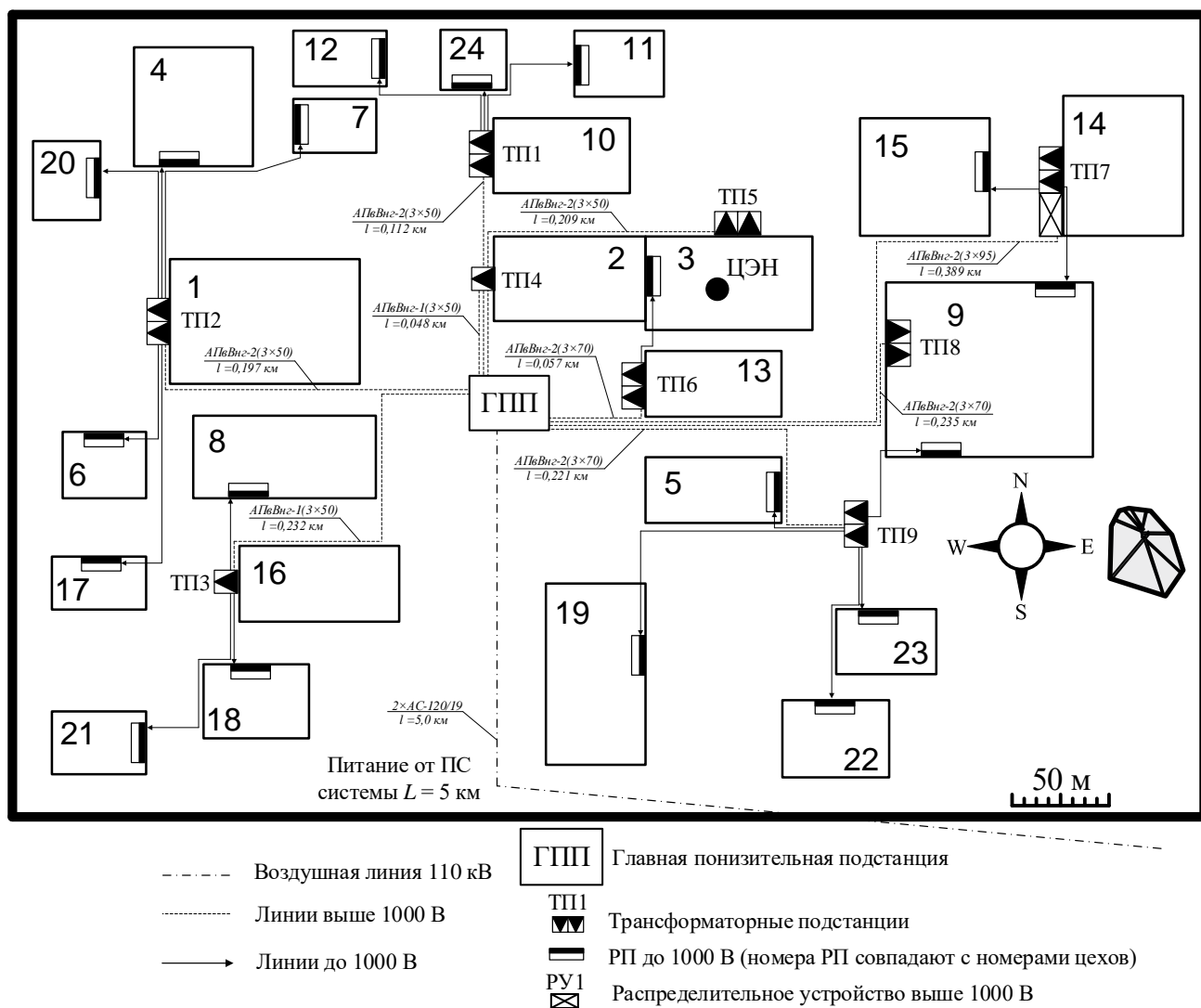


Рисунок 3.5 – Схема распределения электроэнергии по территории предприятия

3.6 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

В электрических установках могут возникать различные виды КЗ, сопровождающихся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

Напряжение на шинах ВН ГПП при расчете можно считать постоянным, так как предприятие получает питание от энергосистемы неограниченной мощности, это означает, что периодическая составляющая тока КЗ практически не изменяется во времени и остается постоянной от начала КЗ до его окончания.

Расчет токов КЗ ведем в относительных единицах. Для этого все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности.

Для расчетов токов КЗ составляют расчетную схему системы электроснабжения рисунок 3.6 и на её основе схему замещения рисунок 3.7. Расчетная схема представляет собой упрощенную однолинейную схему, на которой указывают все элементы системы электроснабжения и их параметры, влияющие на ток КЗ. Здесь же указывают точки, в которых необходимо определить ток КЗ.

Расчет токов КЗ ведем на участке Система – ГПП – ТП5.

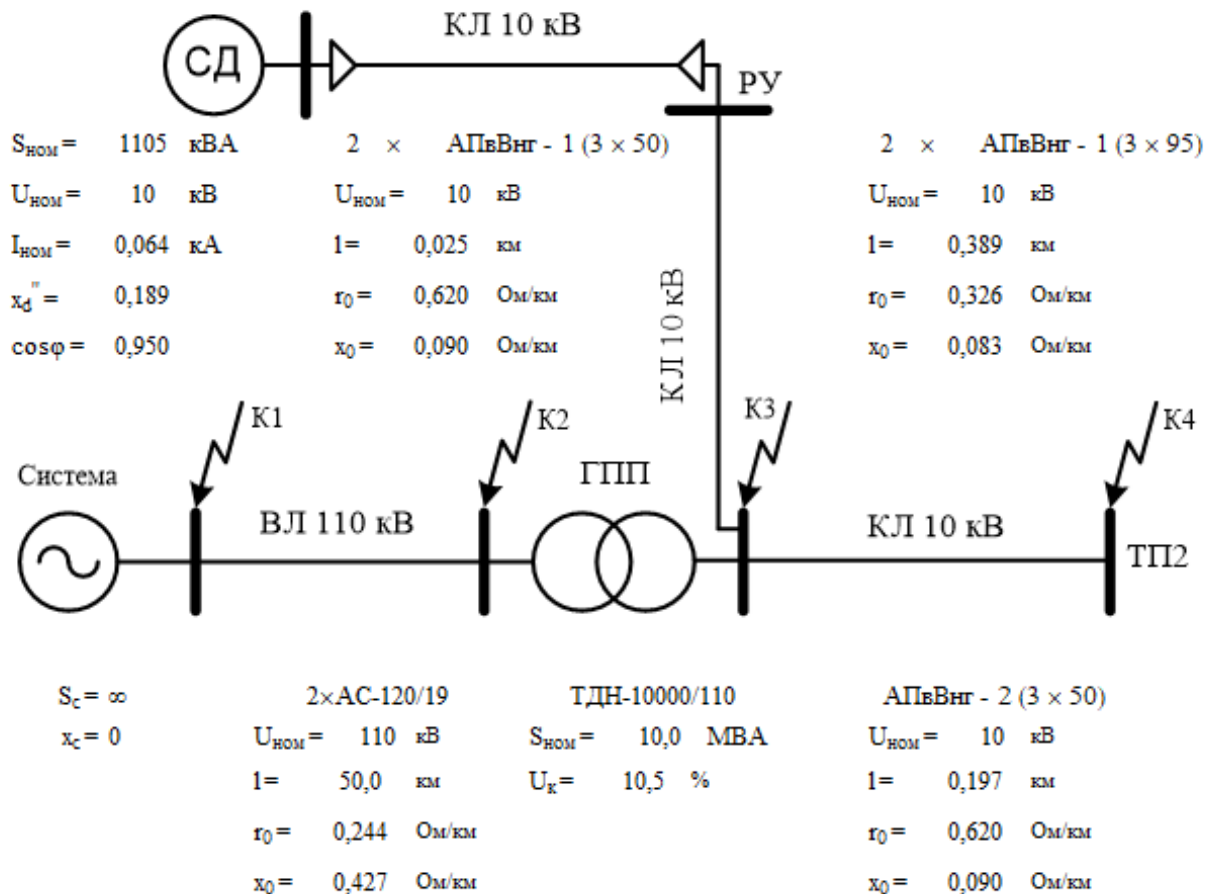


Рисунок 3.6 – Расчетная схема рассматриваемого участка

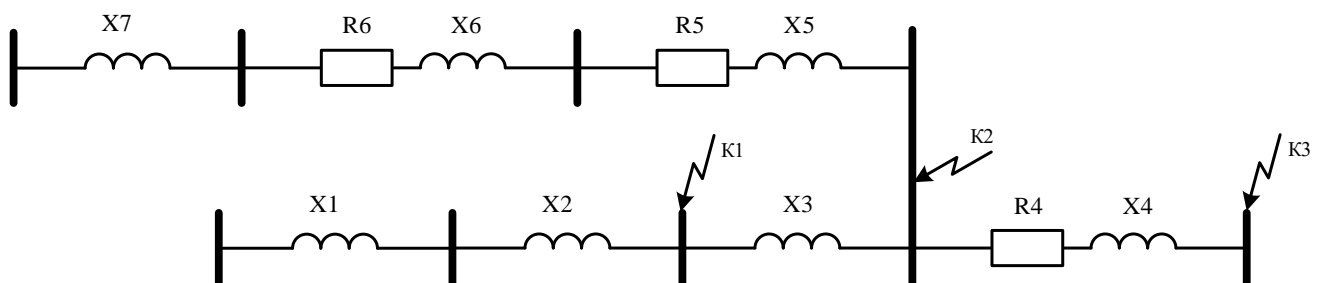


Рисунок 3.7 – Схема замещения рассматриваемого участка

Принимаем за базисные величины

$$S_6 = 100 \text{ МВА}, \quad U_{61} = 115 \text{ кВ}, \quad U_{62} = 10,5 \text{ кВ},$$

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА}, \quad I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА}.$$

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтной линии, как правило, учитываются только индуктивные сопротивления. Целесообразно учитывать активные сопротивления, если $R_\Sigma > X_\Sigma / 3$.

Сопротивления элементов

Система

$$S_c = \infty, \quad Z_1 = X_c = X_1 = \frac{S_6}{S_c} = 0.$$

Воздушная линия

$$Z_2 = X_2 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{61}^2} = 0,427 \cdot 50,0 \cdot \frac{100}{1 \cdot 115^2} = 0,161.$$

Трансформаторы

$$Z_3 = X_3 = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 1,050.$$

Кабельная линия, питающая ПС

$$R_4 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,620 \cdot 0,197 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,111,$$

$$X_4 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,197 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,016,$$

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_4^2} = \sqrt{0,111^2 + 0,016^2} = 0,112.$$

Кабельная линия, питающая РУ

$$R_5 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,326 \cdot 0,387 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,115,$$

$$X_5 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{n_{\text{ц}} \cdot U_{62}^2} = 0,083 \cdot 0,389 \cdot \frac{100}{1 \cdot 10,5^2} = 0,029,$$

$$Z_5 = \sqrt{R_5^2 + X_5^2} = \sqrt{0,115^2 + 0,029^2} = 0,119.$$

Кабельная линия, питающая СД

$$R'_6 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,620 \cdot 0,025 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,014,$$

$$X'_6 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,090 \cdot 0,025 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,002,$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$R_6 = \frac{R'_6}{n_{\text{сд}}} = \frac{0,014}{2} = 0,007, \quad X_6 = \frac{X'_6}{n_{\text{сд}}} = \frac{0,002}{2} = 0,001,$$

$$Z_6 = \sqrt{R_6^2 + X_6^2} = \sqrt{0,007^2 + 0,001^2} = 0,007.$$

Синхронный двигатель

сопротивление одного двигателя

$$X'_7 = \frac{x_d'' \cdot S_6}{S_{\text{ном}}} = \frac{0,189 \cdot 100}{1,105} = 17,100,$$

с учетом того, что на предприятии несколько двигателей

$$Z_7 = X_7 = \frac{X'_7}{n_{\text{сд}}} = \frac{17,100}{2} = 8,550.$$

Расчет короткого замыкания для точки К1.

Эквивалентное сопротивление цепочки СД относительно точки К1

$$Z_{\text{сд}} = Z_7 + Z_6 + Z_5 + Z_3 = 8,550 + 0,007 + 0,119 + 1,050 = 9,726.$$

Эквивалентное сопротивление цепочки системы относительно точки К1

$$Z_{\text{с}} = Z_1 + Z_2 = 0 + 0,161 = 0,161.$$

Результирующее сопротивление в точке К1

$$Z_{\Sigma 1} = \frac{Z_{\text{сд}} \cdot Z_{\text{с}}}{Z_{\text{сд}} + Z_{\text{с}}} = \frac{9,726 \cdot 0,161}{9,726 + 0,161} = 0,159.$$

Действующее значение тока КЗ в точке К1

$$I_{\text{к1}} = \frac{I_{61}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{0,502}{0,159} = 3,161 \text{ кА}.$$

Ударный ток КЗ в точке К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к1}} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 3,161 = 7,2 \text{ кА},$$

где $k_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени T_a , определяемый по зависимости $k_{\text{уд}} = f(T_a)$ [9, стр. 44, табл. П1.5].

Расчеты токов КЗ для других точек сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	U _б , кВ	I _б , кА	Z _Σ	k _{уд}	T _а , сек	I _к , кА	i _{уд} , кА
K1	115,0	0,502	0,159	1,608	0,02	3,161	7,2
K2	10,5	5,499	1,063	1,869	0,01	5,173	13,7
K3	10,5	5,499	1,175	1,869	0,01	4,680	12,4

Полученное по экономической плотности тока сечение высоковольтных линий необходимо проверить на термическую стойкость при коротком замыкании.

Время отключения короткого замыкания [9, стр. 206-211]

$$t_{\text{пр}} = 0,1 \div 0,3 \text{ сек.}$$

Тепловой импульс тока короткого замыкания

$$B_k = I_k^2 \cdot t_{\text{пр}} = 5172,7^2 \cdot 0,3 = 8026981,7 \text{ A}^2 \cdot \text{сек.}$$

где I_к – ток короткого замыкания на низкой стороне трансформаторов ГПП.

Термически стойкое сечение равно

$$F_{\text{min}} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{8026981,7}}{85} = 33,3 \text{ мм}^2 < F_{\text{реал}} = 50 \text{ мм}^2,$$

где C – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при коротком замыкании и материала проводника [3, стр. 42], А·с^{1/2}/мм²;

F_{реал} – сечение линии, питающей подстанцию, мм².

Таким образом, предварительно выбранное сечение по термической стойкости проходит. Оставляем ранее выбранное сечение.

4 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

В системах электроснабжения могут возникать режимы, характеризующиеся электрическими, тепловыми и механическими нагрузками, превышающие нагрузки нормального режима работ и представляющие, опасность для элементов системы электроснабжения. Правильно выбранное оборудование – залог надежной работы электрооборудования и всей системы электроснабжения.

4.1 Выбор выключателей и разъединителей

Рассмотрим выбор выключателя и разъединителя на высокой стороне трансформатора ГПП.

Намечаем к установке выключатель типа ВЭК-110Б-40/2000

Параметры выключателя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$;

номинальный ток $I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$;

номинальный ток отключения $I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ кА}$;

ток электродинамической стойкости $I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$;

пик тока электродинамической стойкости $i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 31,5 \text{ кА}$;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{\text{тер}} = 4 \text{ с}$;

полное время отключения выключателя $t_{\text{отк.в}} = 0,06 \text{ с}$.

Проверка выключателя

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ} = U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ};$$

– по току $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{13299,2}{\sqrt{3} \cdot 110} = 69,8 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А};$$

– по отключающей способности $I_{\text{н,т}} \leq I_{\text{отк.ном}}$

$$I_{\text{н,т}} = 3,2 \text{ кА} < I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ кА};$$

– по электродинамической стойкости $I_{п,0} \leq I_{дин}$, $i_{уд} \leq i_{дин}$

$$I_{п,0} = 3,2 \text{ кА} < I_{дин} = 40 \text{ кА};$$

$$i_{уд} = 7,2 \text{ кА} < i_{дин} = 80 \text{ кА};$$

– по термической стойкости $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$

$$B_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{р.з.} + t_{отк.в} + T_a) = 3,2^2 \cdot (1,2 + 0,06 + 0,020) = 12,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 31,5^2 \cdot 4 = 3969,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$B_k < I_{тер}^2 \cdot t_{тер}.$$

Выключатель проходит по результатам проверок.

Намечаем к установке разъединитель типа РДЗ-110/1000

Параметры разъединителя [9, стр. 630, табл. П4.4]

номинальное напряжение $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$;

номинальный ток $I_{ном} = 1000 \text{ А}$;

пик тока электродинамической стойкости $i_{пр.с} = 80 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{тер} = 31,5 \text{ кА}$;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{тер} = 3 \text{ с}$.

Проверка разъединителя

– по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 110 \text{ кВ} = U_{ном} = 110 \text{ кВ};$$

– по току $I_{max} \leq I_{ном}$

$$I_{max} = 69,8 \text{ А} < I_{ном} = 2000 \text{ А};$$

– по электродинамической стойкости $i_{уд} \leq i_{пр.с}$

$$i_{уд} = 7,2 \text{ кА} < i_{пр.с} = 80 \text{ кА};$$

– по термической стойкости $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$

$$B_k = 12,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 31,5^2 \cdot 3 = 2976,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Разъединитель проходит по результатам проверок.

Оборудование выбираем однотипное, т.е. все разъединители на высокой стороне будут одной марки и все выключатели на высокой стороне будут одной марки.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Выбор выключателей и разъединителей

Расчетные данные	Выключатель ВЭК-110Б-40/2000	Разъединитель РДЗ-110/1000
$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$
$I_{max} = 69,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 2000 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{п,t} = 3,2 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 40 \text{ кА}$	—
$I_{п,0} = 3,2 \text{ кА}$	$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	—
$i_{уд} = 7,2 \text{ кА}$	$i_{дин} = 80 \text{ кА}$	$i_{пр.с} = 80 \text{ кА}$
$B_k = 12,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 3969 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 2977 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Расчетные данные	Выключатель ВЭ-10-20/1000	Разъединитель
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	Используется выкатная тележка
$I_{max} = 767,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	
$I_{п,t} = 5,2 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$	
$I_{п,0} = 5,2 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$	
$i_{уд} = 13,7 \text{ кА}$	$i_{дин} = 51 \text{ кА}$	
$B_k = 15,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам тока на понизительных подстанциях являются амперметры, ваттметры, варметры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов тока представлена в таблице 4.2 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.2 – Нагрузка трансформаторов тока

Место установки	Прибор	Тип	Нагрузка, В·А		
			А	В	С
Сторона ВН трансформатора	Амперметр	Э — 350	0,5	—	0,5
	Амперметр	Э — 350	0,5	—	0,5
Итого:			1,0	—	1,0
Сторона НН трансформатора	Амперметр	Э — 350	—	0,5	—
	Ваттметр	Д — 335	0,5	—	0,5
	Варметр	Д — 335	0,5	—	0,5
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	2,5	—	2,5
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	2,5	—	2,5
Итого:			6,0	0,5	6,0

Пример выбора трансформатора тока на стороне ВН трансформатора ГПП.
Из таблицы 4.2 видно, что наиболее загружены фазы А и С. Для них ведем расчет.

Намечаем к установке трансформатор тока типа ТФЗМ110

Параметры трансформатора тока [8, стр. 295, табл. 5-9]

номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$;

номинальный ток $I_{\text{ном}} = 75 \text{ А}$;

вторичный номинальный ток трансформатора тока $I_2 = 5 \text{ А}$;

ток электродинамической стойкости $i_{\text{дин}} = 15 \text{ кА}$;

ток термической стойкости $I_{\text{тер}} = 3,0 \text{ кА}$;

длительность протекания тока термической стойкости $t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$;

вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока $Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$;

класс точности 0,5.

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ} = U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ};$$

– по току $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{р.ГПП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{13299,2}{\sqrt{3} \cdot 110} = 69,8 \text{ А} < I_{\text{ном}} = 75 \text{ А};$$

– проверка трансформатора тока по вторичной нагрузке $Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$

Общее сопротивление приборов, подключенных к трансформатору тока

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{1,0}{5^2} = 0,04 \text{ Ом},$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами (таблица 4.2).

Допустимое сопротивление проводников

$$r_{\text{пр.доп}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = 1,2 - 0,04 - 0,10 = 1,06 \text{ Ом},$$

где $r_{\text{к}}$ – сопротивления контактов (0,05 Ом при двух-трех приборах; 0,1 Ом при большем количестве приборов) [9, стр. 374].

Для присоединения приборов к трансформаторам тока используем кабель с алюминиевыми жилами. Расчетное сечение кабеля

$$q_{\text{расч}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{пр}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0283 \cdot 10}{1,06} = 0,27 \text{ мм}^2,$$

где ρ – удельное сопротивление алюминиевого провода [9, стр. 374], Ом/мм²;

$l_{\text{пр}}$ – длина провода [9, стр. 375], м.

Принимаем кабель марки АКРВГ сечением $q = 4 \text{ мм}^2$ [9, стр. 375].

Тогда сопротивление кабеля

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 10}{4} = 0,071 \text{ Ом}.$$

Тогда вторичная нагрузка трансформатора тока

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} = 0,04 + 0,071 + 0,10 = 0,211 \text{ Ом} < Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}.$$

– проверка трансформатора тока на электродинамическую стойкость $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$

$$i_{\text{уд}} = 7,2 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 15 \text{ кА};$$

– проверка трансформатора тока на термическую стойкость $B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$

$$B_{\text{к}} = 12,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 3,0^2 \cdot 3 = 27,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Трансформатор тока проходит по результатам проверок.

Трансформатор тока на низкой стороне трансформатора ГПП производится аналогично. Поэтому дальнейшие расчеты сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Выбор трансформаторов тока в цепях трансформатора ГПП

Тип ТТ	Расчетные данные	Каталожные данные
ТА1 ТШЛ 10 Сторона НН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 767,8 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2000 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 15,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 14700 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 13,7 \text{ кА}$	не проверяется
	$r_2 = 0,375 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,800 \text{ Ом}$
ТА2 ТФЗМ110 Сторона ВН трансформатора	$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} = 69,8 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 75 \text{ А}$
	$B_{\text{к}} = 12,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 27,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
	$i_{\text{уд}} = 7,2 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 15 \text{ кА}$
	$r_2 = 0,211 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 вольт, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Основными приборами, которые подключаются к трансформаторам напряжения на понизительных подстанциях являются вольтметры, ваттметры, варметры, частотомеры и счетчики активной и реактивной энергии [9, стр. 371, рис. 4.104; 9, стр. 362, табл. 4.11]. Нагрузка трансформаторов напряжения представлена в таблице 4.4 [9, стр. 635, табл. П.4.7].

Таблица 4.4 – Нагрузка трансформаторов напряжения

Место установки	Прибор	Тип	$S_{обм},$ В · А	$n_{обм},$ шт	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$n_{приб},$ шт	Потр. мощн.	
								Р, Вт	Q, ВАр
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	1	2,0	0,0
	Вольтметр	Н – 393	10,0	1	1	0	1	10,0	0,0
	Частотомер	Н – 397	7,0	1	1	0	1	7,0	0,0
Итого:								19,0	0,0
Сторона ВН трансформатора	Вольтметр	Э – 335	2,0	1	1	0	2	4,0	0,0
	Ваттметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Варметр	Д – 335	1,5	2	1	0	1	3,0	0,0
	Счетчик W	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	10	0,20	0,0
	Счетчик V	СЭТ-4ТМ	0,02	—	—	—	10	0,20	0,0
Итого:								10,4	0,0

а) Выбор трансформаторов напряжения на стороне НН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НТМИ-10

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{ном} = 10$ кВ;

номинальная мощность $S_{ном} = 120$ В · А;

класс точности 0,5.

– по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$U_{уст} = 10 \text{ кВ} = U_{ном} = 10 \text{ кВ};$$

– проверка трансформатора напряжения по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{ном}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,4^2 + 0^2} = 10,4 \text{ В} \cdot \text{А} < S_{ном} = 120 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

б) Выбор трансформаторов напряжения на стороне ВН трансформатора.

Намечаем установку трансформатора напряжения типа НКФ-110

Параметры трансформатора напряжения

номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$;

номинальная мощность $S_{\text{ном}} = 400 \text{ В} \cdot \text{А}$;

класс точности 0,5.

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ} = U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ};$$

– проверка трансформатора напряжения по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{\text{ном}}$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения из таблицы 4.4.

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{19,0^2 + 0^2} = 19,0 \text{ В} \cdot \text{А} < S_{\text{ном}} = 400 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Трансформатор напряжения проходит по результатам проверок.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил $q = 4 \text{ мм}^2$ по условию механической прочности [9, стр. 375].

4.4 Учет электрической энергии

Для присоединения точных измерительных приборов используются трансформаторы тока с классом точности – 0,2, для счетчиков денежного расчета – 0,5, для всех технических измерительных приборов – 1, для релейной защиты – 3 и 10.

Большое значение играет точность измерения потребленной электроэнергии, так как вопросы рационального и экономного расходования электроэнергии занимают важнейшую роль на промышленном предприятии. Одним из главных условий решения этих вопросов является организация доступной и качественной системы учета электроэнергии. В качестве такой системы применим автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

АСКУЭ – иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность измерительно-информационных комплексов точек измерений, информационно-вычислительных комплексов электроустановок, информационно-вычислительного комплекса и системы обеспечения единого времени, выполняющее функции проведения измерений, сбора, обработки и хранения результатов измерений, информации о состоянии объектов и средств измерений, а также передачи полученной информации в интегрированную автоматизированную систему управления коммерческим учетом на оптовом рынке электроэнергии в автоматизированном режиме.

Система АСКУЭ дает возможность связать планирование энергозатрат с планом выпуска готовой продукции, а также точно определить расход энергоресурсов и выделить его в себестоимости конечного продукта производства. Кроме этого, АСКУЭ позволяет видеть моменты простоя и перегрузки работы предприятия, утечки электроэнергии, что помогает скорректировать работу и повысить экономическую эффективность предприятия, автоматизировать сбор данных.

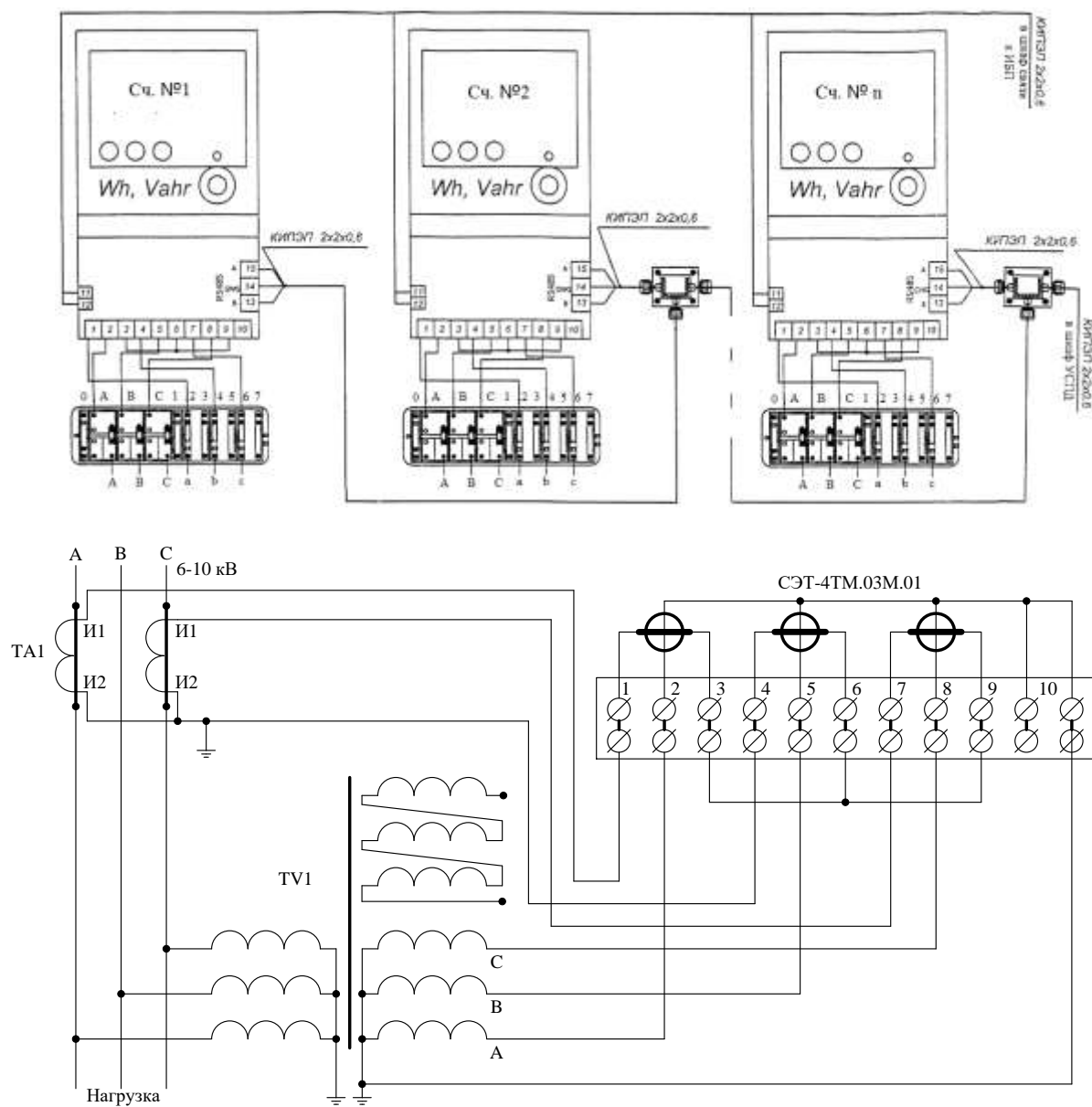


Рисунок 4.1 – Схема учета электроэнергии

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КУЗНЕЧНОГО ЦЕХА

Электроснабжение выполняется в следующей последовательности.

Приёмники распределяются по пунктам питания, определяются расчётные электрические нагрузки, выбирается схема и способ прокладки сети.

Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения.

Производится выбор аппаратов защиты и силовой распределительной сети, согласуя с аппаратами защиты.

Для участка сети проектируемого объекта строится карта селективности действия аппаратов защиты.

Производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения.

5.1 Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электроприемники

В качестве аппаратов защиты принимаем автоматические выключатели серии ВА с электромагнитным расцепителем для защиты линии от токов КЗ и тепловым для защиты от перегрузки.

Выбор сечений питающей линий производится по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева. Линии, питающие распределительные пункты, проверяются по допустимой потере напряжения. Сечения кабелей согласовываются с действием аппаратов защиты.

Для питания распределительных пунктов и отдельных электроприемников принимаем кабель марки АВВГ с прокладкой на лотках по стенам. Питание осуществляем по радиальным линиям.

Примеры выбора аппаратуры и кабелей.

а) Выбор отходящего выключателя ТП

Расчетная мощность нагрузки подстанции

$$S_{p.ПС} = 1852,7 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток нагрузки подстанции

$$I_{p.ПС} = \frac{S_{p.ПС}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1852,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2815,0 \text{ А.}$$

Номинальный ток трансформаторов подстанции

$$I_{ном.тр} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519,3.$$

Ток послеаварийного режима трансформаторов подстанции

$$I_{п/ав.тр} = 1,4 \cdot I_{ном.тр} = 1,4 \cdot 1519,3 = 2127,1 \text{ А.}$$

Пиковый ток подстанции

$$I_{пик.ПС} = I_{пик}^{max.ПР} + I_{p.ПС} - I_p^{max.ПР} = 781,9 + 2815,0 - 232,1 = 3364,8 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 – 48 с параметрами:

$$I_{ном.ав} = 5500 \text{ А, } I_{тепл} = 4000 \text{ А [3, стр. 87, табл. П.2.3].}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{тепл} = 4000 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{p.ПС} = 1,1 \cdot 2815,0 = 3096,5 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по нагреву послеаварийным током

$$I_{пер} = 2 \cdot I_{тепл} = 2 \cdot 4000 = 8000 \text{ А} > I_{п/ав.тр} = 2127,1 \text{ А.}$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 1,25 \cdot 3364,8 = 4206,0 \text{ А.}$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{пик.ПС}}{I_{тепл}} = \frac{4206,0}{4000} = 1,1, \quad \text{принимаем } K = 2,0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{э.0} = K \cdot I_{тепл} = 2,0 \cdot 4000 = 8000 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{пик.ПС} = 4206,0 \text{ А.}$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

б) Участок ТП – ПР1

Расчетный и пиковый ток нагрузки ПР1

$$I_p = 101,4 \text{ А}, \quad I_{\text{пик}} = 617,9 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки ВА74 – 40 с параметрами:

$$I_{\text{ном.ав}} = 800 \text{ А}, I_{\text{тепл}} = 190 \text{ А} [3, \text{ стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 190 \text{ А} > 1,1 \cdot I_p = 1,1 \cdot 101,4 = 111,5 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 617,9 = 772,3 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пик}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{772,3}{190} = 4,1, \quad \text{принимаем } K = 7,0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{з.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 7,0 \cdot 190 = 1330 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 772,3 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 1(4×120), $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ А} > I_p = 111,5 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 190}{1} = 190 \text{ А},$$

где I_z – ток уставки срабатывания защитного аппарата, А;

$k_{\text{прокл}}$ – поправочный коэффициент на условие прокладки (для нормальных условий принимается равным 1);

k_z – кратность защиты (отношение длительно допустимого тока для кабеля к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ).

– проверка по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_{p\%} = \Delta U_0 \cdot I_p \cdot l = 0,109 \cdot 101,4 \cdot 0,107 = 1,19\% < 5\%,$$

где l – длина рассматриваемой линии, км;

5% – допустимое значение потерь напряжения;

ΔU_0 – потеря напряжения в трехфазных сетях 380 В [3, стр. 91, табл. П.2.11], %
/ (А·км).

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

в) Участок ПР1 – Заточной станок

Номинальный и пусковой ток нагрузки

$$I_{\text{ном}} = 105,8 \text{ А}, \quad I_{\text{пуск}} = 529,2 \text{ А}.$$

Намечаем к установке автомат марки ВА57 – 35 с параметрами:

$$I_{\text{ном.ав}} = 250 \text{ А}, I_{\text{тепл}} = 125 \text{ А} [3, \text{стр. 87, табл. П.2.3}].$$

– проверка намеченного автомата по нагреву расчетным током

$$I_{\text{тепл}} = 125 \text{ А} > 1,1 \cdot I_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 105,8 = 116,4 \text{ А}.$$

– проверка намеченного автомата по условию перегрузки пиковым током

$$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 529,2 = 793,8 \text{ А}.$$

Коэффициент кратности тока срабатывания уставки

$$K = \frac{1,25 \cdot I_{\text{пуск}}}{I_{\text{тепл}}} = \frac{793,8}{125} = 6,4, \quad \text{принимая } K = 8,0.$$

Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ

$$I_{\text{э.о}} = K \cdot I_{\text{тепл}} = 8,0 \cdot 125 = 1000 \text{ А} > 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 793,8 \text{ А}.$$

Принятый автомат проходит по результатам проверок.

Намечаем выбор кабеля марки АВВГ – 1(4×70), $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$ [1, стр. 66-68, табл. 3.6-3.9].

– проверка намеченного кабеля по нагреву расчетным током

$$I_{\text{доп}} = 140 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 116,4 \text{ А}.$$

– согласование с действием аппарата защиты

$$I_{\text{доп}} = 140 \text{ А} > \frac{K_z \cdot I_z}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 125}{1} = 125 \text{ А}.$$

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Так как расчет по выбору аппаратов защиты и кабельных линий для всех распределительных пунктов и электроприемников аналогичен, то остальные расчеты сведем в таблицу 5.1 (для распределительных пунктов) и таблицу 5.2 (для отдельных электроприемников).

Таблица 5.1 – Выбор марки и сечений проводников питающей сети, аппаратов защиты

Участок	I_p , А	$I_{пик}$, А	$1,1 \cdot I_p$, А	$1,25 \cdot I_{пик}$, А	К	Автомат			K_z	$K_{пр}$	$K_z \cdot I_z / K_{пр}$, А	Кабель		L, км	$\cos\varphi$	ΔU_0 , %	ΔU_p , %
						$I_{тепл}$, А	$I_{э.о.}$, А	Тип				$I_{доп}$, А	Марка				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ТП	2815	3364,8	3096,5	4206,0	2,0	4000	8000	ВА74 – 48	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ТП – ПР1	101,4	617,9	111,5	772,3	7,0	190	1330	ВА74 – 40	1	1	190	200	АВВГ- 1(4 × 120)	0,107	0,66	0,109	1,19
ТП – ПР2	232,1	781,9	255,3	977,4	6,5	190	1235	ВА74 – 40	1	1	190	200	АВВГ- 1(4 × 120)	0,060	0,68	0,109	1,51
ТП – ПР3	235,5	689,2	259,0	861,5	6,5	190	1235	ВА74 – 40	1	1	190	200	АВВГ- 1(4 × 120)	0,030	0,76	0,117	0,82
ТП – ПР4	185,4	735,3	204,0	919,1	6,5	190	1235	ВА74 – 40	1	1	190	200	АВВГ- 1(4 × 120)	0,011	0,68	0,109	0,23
ТП – ПР5	55,2	305,1	60,7	381,4	7,0	130	910	ВА74 – 40	1	1	130	140	АВВГ- 1(4 × 70)	0,101	0,57	0,152	0,85

Таблица 5.2 – Выбор распределительных пунктов, автоматов и кабелей

Приемник	$P_{\text{ном}},$ кВт	$I_{\text{ном}},$ А	$I_{\text{пуск}},$ А	$1,1 \cdot I_{\text{ном}},$ А	$1,5 \cdot I_{\text{пик}},$ А	Автомат				$K_{\text{пр}}$	K_3	$K_3 \cdot I_3 / K_{\text{пр}},$ А	Кабель	
						К	$I_{\text{тепл}},$ А	$I_{3.0},$ А	Тип				$I_{\text{доп}},$ А	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 1 ПР11-7123														
Заточный станок	31,0	105,8	529,2	116,4	793,8	8,0	125,0	1000,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Шлифовальный станок	21,0	71,7	358,5	78,9	537,7	8,0	80,0	640,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	80,0	90	АВВГ - 1(4 × 35)
Пресс	11,0	26,8	134,1	29,5	201,2	12,0	31,5	378,0	ВА13 – 29	1,0	1,00	31,5	32	АВВГ - 1(4 × 6)
Вентилятор калорифера	5,0	10,6	73,9	11,6	110,8	12,0	12,5	150,0	ВА13 – 29	1,0	1,00	12,5	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Конвейер	8,0	19,5	97,6	21,5	146,3	6,0	25,0	150,0	ВА13 – 29	1,0	1,00	25,0	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Гидропресс	30,0	73,2	365,8	80,5	548,7	6,0	100,0	600,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	100,0	110	АВВГ - 1(4 × 50)
ПР – 2 ПР11-7123														
Долбежный станок	12,0	41,0	204,9	45,1	307,3	12,0	50,0	600,0	ВА13 – 29	1,0	1,00	50,0	60	АВВГ - 1(4 × 16)
Гидропресс	30,0	73,2	365,8	80,5	548,7	6,0	100,0	600,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	100,0	110	АВВГ - 1(4 × 50)
Притирочный станок	33,0	112,7	563,4	123,9	845,0	8,0	125,0	1000,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Универсально-заточный станок	19,0	64,9	324,4	71,4	486,5	8,0	80,0	640,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	80,0	90	АВВГ - 1(4 × 35)
Заточный станок	31,0	105,8	529,2	116,4	793,8	8,0	125,0	1000,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Насос гидравлический	50,0	105,5	527,5	116,1	791,3	8,0	125,0	1000,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Кран мостовой ПВ=40%	22,0	75,1	375,6	82,6	563,4	6,0	100,0	600,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	100,0	110	АВВГ - 1(4 × 50)
ПР – 3 ПР11-7123														
Насос гидравлический	50,0	105,5	527,5	116,1	791,3	8,0	125,0	1000,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Координатно-расточный станок	17,0	58,0	290,2	63,8	435,3	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	80,0	90	АВВГ - 1(4 × 35)
Поперечно-строгальный станок	18,0	61,5	307,3	67,6	460,9	6,0	80,0	480,0	ВА57 – 35	1,0	1,00	80,0	90	АВВГ - 1(4 × 35)

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПР – 4 ПР11-7123														
Радиально сверлильный станок	1,0	3,4	17,1	3,8	25,6	12,0	4,0	48,0	BA13 – 29	1,0	1,00	4,0	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Долбежный станок	12,0	41,0	204,9	45,1	307,3	12,0	50,0	600,0	BA13 – 29	1,0	1,00	50,0	60	АВВГ - 1(4 × 16)
Притирочный станок	33,0	112,7	563,4	123,9	845,0	8,0	125,0	1000,0	BA57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
Насос гидравлический	50,0	105,5	527,5	116,1	791,3	8,0	125,0	1000,0	BA57 – 35	1,0	1,00	125,0	140	АВВГ - 1(4 × 70)
ПР – 5 ПР11-7123														
Токарно-винторезный станок	11,0	37,6	187,8	41,3	281,7	6,0	50,0	300,0	BA13 – 29	1,0	1,00	50,0	60	АВВГ - 1(4 × 16)
Токарно-четырёхшпиндельный полуавтомат	15,0	51,2	256,1	56,3	384,1	12,0	63,0	756,0	BA13 – 29	1,0	1,00	63,0	75	АВВГ - 1(4 × 25)
Резьбонарезной станок	6,0	20,5	102,4	22,5	153,6	12,0	25,0	300,0	BA13 – 29	1,0	1,00	25,0	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Вентилятор калорифера	5,0	10,6	73,9	11,6	110,8	12,0	12,5	150,0	BA13 – 29	1,0	1,00	12,5	27	АВВГ - 1(4 × 4)
Отдельно запитанные электроприемники														
Вентилятор вытяжной	80,0	168,8	1181,7	185,7	1772,6	10,0	200,0	2000,0	BA57 – 35	1,0	1,00	200,0	235	АВВГ - 1(4 × 150)

5.2 Построение эпюры отклонения напряжения

В соответствии с этим ГОСТ для силовых сетей промышленных предприятий отклонение напряжений не должен превышать $\pm 5\%$ от номинального значения. На шинах 6-10 кВ подстанции, к которой присоединены распределительные сети, напряжение должно поддерживаться не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Рассмотрим цепочку ГПП – ТП2 – ПР1 – ЭП №22.

Расчетные данные приемника №41

$$P_{\text{НОМ}} = 31,0 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{НОМ}} = 53,7 \text{ кВАр}; \quad S_{\text{НОМ}} = 62 \text{ кВА}.$$

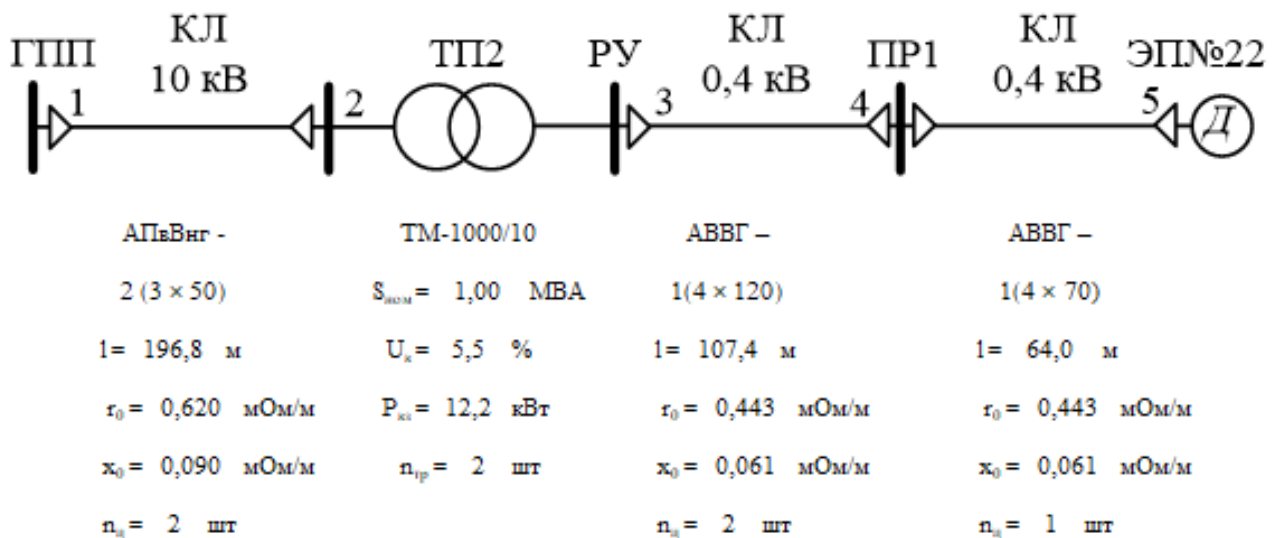


Рисунок 5.1 – Расчетная схема

Расчет максимального режима нагрузки

Участок 1-2

Активное и реактивное сопротивление участка 1-2

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,620 \cdot 196,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,061 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,090 \cdot 196,8}{2} \cdot 10^{-3} = 0,009 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 1-2

$$P_{12} = \sum P_{\text{ц.ТП}} = 1466,0 \text{ кВт}, \quad Q_{12} = \sum Q_{\text{ц.ТП}} = 1123,8 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 1-2

$$\Delta U_{12,\%} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{1466,0 \cdot 0,061 + 1123,8 \cdot 0,009}{10 \cdot 10,5^2} = 0,090 \, \%$$

Потеря напряжения на участке 1-2 в именованных единицах

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12,\%} \cdot \frac{U_1}{100\%} = 0,090 \cdot \frac{10500}{100} = 9,5 \, \text{В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 1-2

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 9,5 = 10490,5 \, \text{В.}$$

Участок 2-3

Активная и реактивная составляющая значения напряжения короткого замыкания трансформатора

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{12,2 \cdot 100}{1000} = 1,220,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 + U_a^2} = \sqrt{5,5^2 + 1,220^2} = 5,363.$$

Коэффициент загрузки трансформатора

$$\beta = \frac{P_{12}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{1466,0}{2 \cdot 1000} = 0,733.$$

Потери активной и реактивной мощности в трансформаторе

$$\Delta P_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta P_{\text{xx}} + \beta^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}) = 2 \cdot (2,45 + 0,73^2 \cdot 12,2) = 18,0 \, \text{кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot (\Delta Q_{\text{xx}} + \beta^2 \cdot \Delta Q_{\text{кз}}) = 2 \cdot (14,0 + 0,73^2 \cdot 55,0) = 87,1 \, \text{кВАр},$$

Активная, реактивная и полная мощности, протекающие по участку 2-3

$$P_{23} = P_{12} - \Delta P_{\text{тр}} = 1466,0 - 18,0 = 1448,0 \, \text{кВт},$$

$$Q_{23} = Q_{12} - \Delta Q_{\text{тр}} = 1123,8 - 87,1 = 1036,7 \, \text{кВАр},$$

$$S_{23} = \sqrt{P_{23}^2 + Q_{23}^2} = \sqrt{1448,0^2 + 1036,7^2} = 1780,8 \, \text{кВА}.$$

Коэффициент мощности на участке 2-3

$$\cos \varphi = \frac{P_{23}}{S_{23}} = \frac{1448,0}{1780,8} = 0,81, \quad \sin \varphi = \frac{1036,7}{1780,8} = 0,58,$$

Потеря напряжения на участке 2-3

$$\begin{aligned}\Delta U_{23,\%} &= \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi - U_p \cdot \cos \varphi) = \\ &= 0,733 \cdot (1,220 \cdot 0,81 + 5,363 \cdot 0,58) + \frac{0,733^2}{200} \cdot (1,220 \cdot 0,58 - 5,363 \cdot 0,81) \\ &== 3,006\%.\end{aligned}$$

Потеря напряжения на участке 2-3 в именованных единицах

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{23,\%} \cdot \frac{U_2}{100\%} = 3,006 \cdot \frac{10490,5}{100} = 315,3 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 10490,5 - 315,3 = 10175,2 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 2-3 с учетом коэффициента трансформации

$$U_3^{\text{нн}} = U_3 = 400 \cdot \frac{10175,2}{10500} = 387,6 \text{ В.}$$

Участок 3-4

Активное и реактивное сопротивление участка 3-4

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 107,4}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0238 \text{ Ом,}$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 107,4}{2} \cdot 10^{-3} = 0,0033 \text{ Ом.}$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 3-4

$$P_{34} = P_{\text{ПР}} = 57,5 \text{ кВт,} \quad Q_{34} = Q_{\text{ПР}} = 33,8 \text{ кВар.}$$

Потеря напряжения на участке 3-4

$$\Delta U_{34,\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{57,5 \cdot 0,0238 + 33,8 \cdot 0,0033}{10 \cdot 0,388^2} = 0,984 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения на участке 3-4 в именованных единицах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34,\%} \cdot \frac{U_3}{100\%} = 0,984 \cdot \frac{387,6}{100} = 3,8 \text{ В.}$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 3-4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 387,6 - 3,8 = 383,8 \text{ В.}$$

Участок 4-5

Активное и реактивное сопротивление участка 4-5

$$R_{45} = \frac{r_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 64,0}{1} \cdot 10^{-3} = 0,028 \text{ Ом},$$

$$X_{45} = \frac{x_{45} \cdot l_{45}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 64,0}{1} \cdot 10^{-3} = 0,004 \text{ Ом}.$$

Активная и реактивная мощности, протекающие по участку 4-5

$$P_{45} = P_{\text{ном}} = 31,0 \text{ кВт}, \quad Q_{45} = Q_{\text{ном}} = 53,7 \text{ кВАр}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5

$$\Delta U_{45, \%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_4^2} = \frac{31,0 \cdot 0,028 + 53,7 \cdot 0,004}{10 \cdot 0,384^2} = 0,739 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения на участке 4-5 в именованных единицах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45, \%} \cdot \frac{U_4}{100\%} = 0,739 \cdot \frac{383,8}{100} = 2,8 \text{ В}.$$

Фактическое значение напряжения в конце участка 4-5

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 383,8 - 2,8 = 381,0 \text{ В}.$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

Максимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	1466,0	1448,0	57,5	31,0
Q_i , кВАр	1123,8	1036,7	33,8	53,7
S_i , кВА	1847,2	1780,8	66,7	62,0
R_i , Ом	0,061	—	0,024	0,028
X_i , Ом	0,009	—	0,003	0,004
$\cos\varphi$	—	0,813	—	—
$\sin\varphi$	—	0,582	—	—
β_T	—	0,733	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,090	3,006	0,984	0,739
ΔU_i , В	9,5	315,3	3,8	2,8
Минимальный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	879,6	870,0	34,5	31,0
Q_i , кВАр	674,3	625,0	20,3	53,7
S_i , кВА	1108,3	1071,2	40,0	62,0
R_i , Ом	0,061	—	0,0238	0,028
X_i , Ом	0,009	—	0,0033	0,004
$\cos\varphi$	—	0,812	—	—
$\sin\varphi$	—	0,583	—	—
β_T	—	0,440	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,054	1,808	0,576	0,715
ΔU_i , В	5,7	189,8	2,3	2,8
Послеаварийный режим нагрузки				
Участок	1–2	2–3	3–4	4–5
P_i , кВт	1466,0	1437,3	57,5	31,0
Q_i , кВАр	1123,8	991,6	33,8	53,7
S_i , кВА	1847,2	1746,2	66,7	62,0
R_i , Ом	0,122	—	0,024	0,028
X_i , Ом	0,018	—	0,003	0,004
$\cos\varphi$	—	0,823	—	—
$\sin\varphi$	—	0,568	—	—
β_T	—	1,466	—	—
U_a , %	—	1,220	—	—
U_p , %	—	5,363	—	—
ΔU_i , %	0,180	5,897	1,047	0,788
ΔU_i , В	18,9	618,0	3,9	2,9

По результатам расчетов строим эпюру отклонения напряжения. Эпюра представлена на рисунке 5.2.

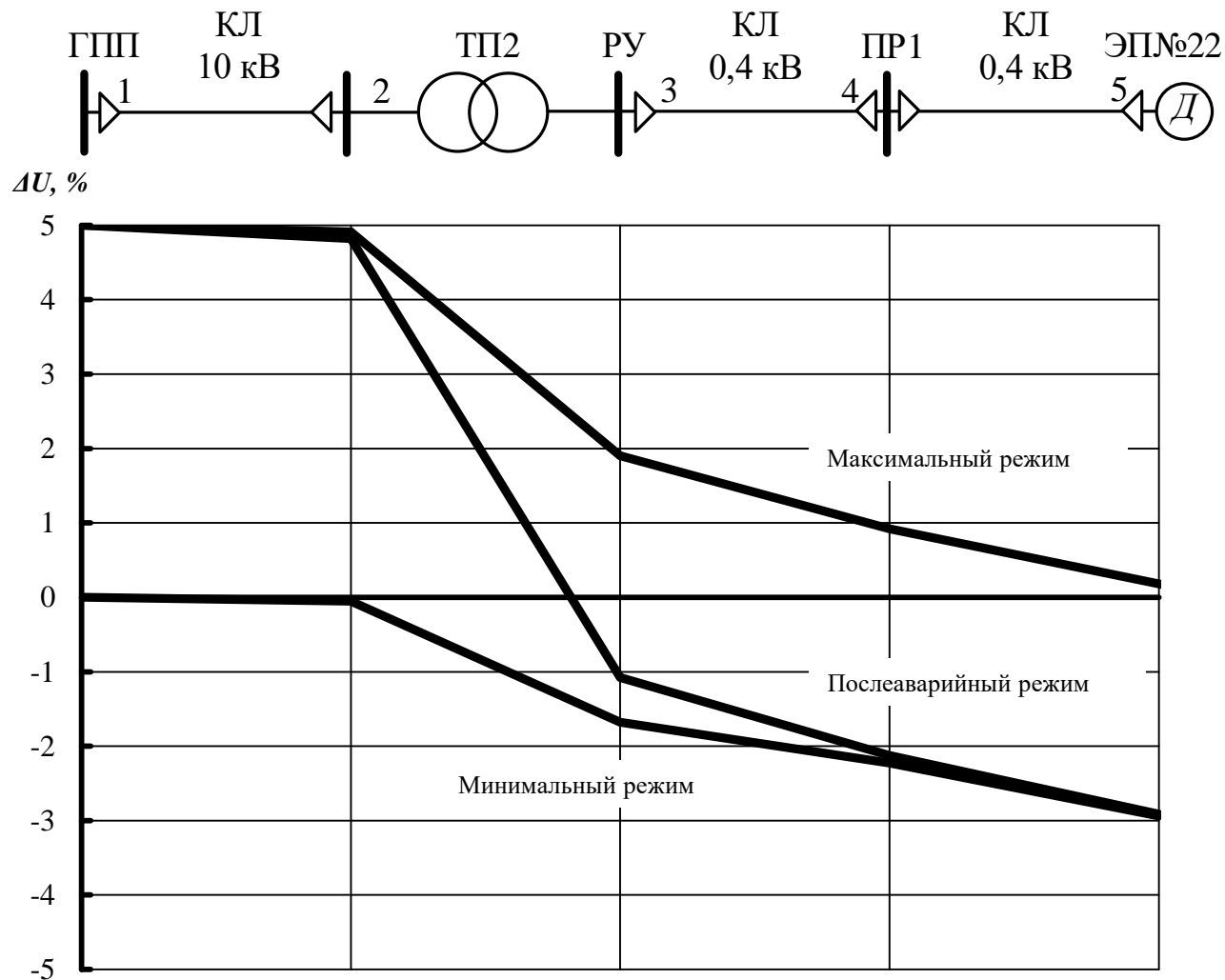


Рисунок 5.2 – Эпюры отклонений напряжения

Из эпюр отклонений напряжения видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации.

5.3 Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет в сравнении с расчетом токов КЗ в сетях напряжением выше 1000 В обладает следующими особенностями:

- напряжение на шинах ЦТП считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчете токов КЗ учитываем активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;
- расчет ведем в именованных единицах;
- напряжение принимаем на 5% выше номинального напряжения сети.

Расчет токов КЗ ведем для участка ТП2 – ПР1 – ЭП №22.

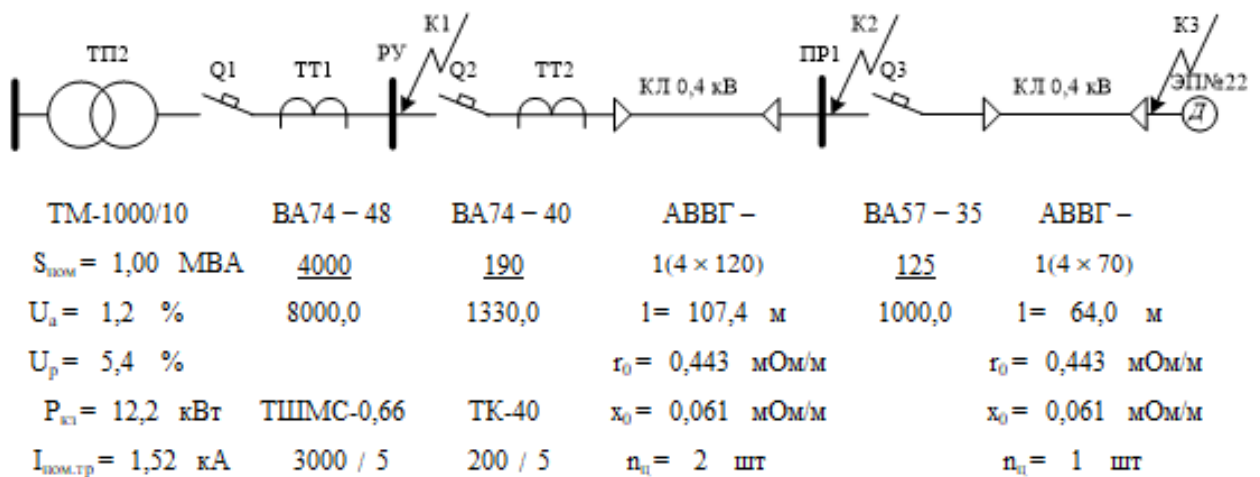


Рисунок 5.3 – Расчетная схема

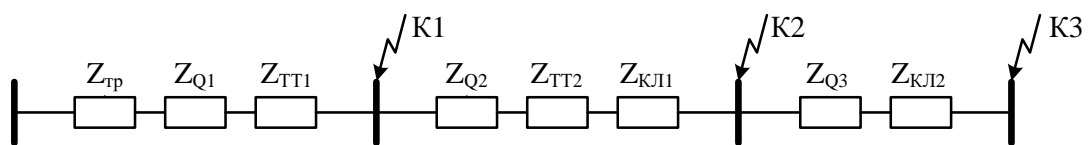


Рисунок 5.4 – Схема замещения

Сопротивления элементов.

Трансформаторы

$$R_{тр} = \frac{U_a}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр}} = \frac{1,220}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 2,0 \text{ мОм},$$

$$X_{тр} = \frac{U_p}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр}} = \frac{5,363}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,6 \text{ мОм},$$

$$Z_{тр} = \sqrt{R_{тр}^2 + X_{тр}^2} = \sqrt{2,0^2 + 8,6^2} = 8,8 \text{ мОм}.$$

Сопротивление катушек максимального тока автоматов при номинальных токах больше 1000 А не учитываются, поэтому, сопротивление автомата Q1 не учитываем.

Автоматы Q2, Q3

$$Z_{Q2} = \sqrt{R_{Q2}^2 + X_{Q2}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,28^2} = 0,5 \text{ мОм},$$

$$Z_{Q3} = \sqrt{R_{Q3}^2 + X_{Q3}^2} = \sqrt{1,30^2 + 0,86^2} = 1,6 \text{ мОм}.$$

Сопротивления первичной обмотки трансформаторов тока с коэффициентом трансформации $>1000/5$ не учитывается, поэтому, сопротивление трансформатора тока ТТ1 не учитываем.

Трансформатор тока ТТ2

$$Z_{ТТ2} = \sqrt{R_{ТТ2}^2 + X_{ТТ2}^2} = \sqrt{0,42^2 + 0,67^2} = 0,8 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ1

$$R_{КЛ1} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 107,4}{2} = 23,8 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ1} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 107,4}{2} = 3,3 \text{ мОм},$$

$$Z_{КЛ1} = \sqrt{R_{КЛ1}^2 + X_{КЛ1}^2} = \sqrt{23,8^2 + 3,3^2} = 24,0 \text{ мОм}.$$

Кабельная линия КЛ2

$$R_{КЛ2} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,443 \cdot 64,0}{1} = 28,4 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ2} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,061 \cdot 64,0}{1} = 3,9 \text{ мОм},$$

$$Z_{КЛ2} = \sqrt{R_{КЛ2}^2 + X_{КЛ2}^2} = \sqrt{28,4^2 + 3,9^2} = 28,6 \text{ мОм}.$$

Расчет тока короткого замыкания для точки К1.

Полное сопротивление до точки К1

$$Z_{К1} = Z_{\text{тр}} = 8,8 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,2 \text{ кА.}$$

Постоянная времени

$$T_{a1} = \frac{X_{рез1}}{\omega \cdot R_{рез1}} = \frac{8,6}{314 \cdot 2,0} = 0,0140 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент

$$k_{уд1} = 1 + e^{-0,01/T_{a1}} = 1 + e^{-0,01/0,0140} = 1,490.$$

Ударный ток короткого замыкания в точке К1

$$i_{уд.К1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,490 \cdot 26,2 = 55,3 \text{ кА.}$$

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	Z_{Σ} , мОм	$k_{уд}$	T_a , с	I_k , кА	$i_{уд}$, кА
К1	8,8	1,490	0,0140	26,2	55,3
К2	34,1	1,002	0,0015	6,8	9,6
К3	64,2	1,000	0,0010	3,6	5,1

5.4 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Карта селективности действия аппаратов защиты строиться в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов защиты. На карту селективности наносятся:

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток вводного распределительного устройства (при его наличии);
- расчётный и пиковый ток подстанции;
- характеристики защитных аппаратов;
- значения токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ.

Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности сведены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Данные нагрузки и аппаратов защиты для построения карты селективности

Узел нагрузки	ТП2	ПР1	Заточный станок №22
Расчетный ток I_M , А	2815,0	101,4	–
Пиковый ток $I_{пик}$, А	3364,8	617,9	–
Номинальный ток $I_{ном}$, А	–	–	105,8
Пусковой ток $I_{пуск}$, А	–	–	529,2
Ток КЗ I_K , А	26243,2	6781,8	3595,2
Тип аппарата	ВА74 – 48	ВА74 – 40	ВА57 – 35
Условия срабатывания по току			
– при перегрузке $I_{ном.расц}$, А	4000	190	125,0
– при КЗ $I_{КЗ}$, А	8000,0	1330,0	1000,0
Условия срабатывания по времени, с	0,1	0,02	0

Карта селективности представлена на рисунке 5.5.

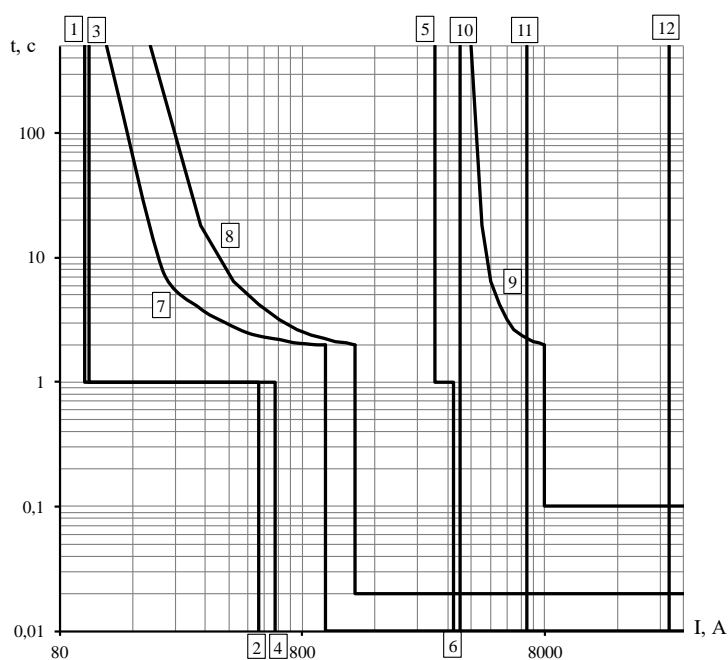


Рисунок 5.5 – Карта селективности действия аппаратов защиты

1 – номинальный ток электроприемника; 2 – пусковой ток электроприемника; 3 – расчетный ток ПР; 4 – пиковый ток ПР; 5 – расчетный ток ТП; 6 – пиковый ток ТП; 7 – автомат электроприемника; 8 – автомат ПР; 9 – автомат ТП; 10 – КЗ в точке К3; 11 – КЗ в точке К2; 12 – КЗ в точке К1.

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Устройства защиты и автоматики должны выполнять определенные функции. Для релейной защиты такими функциями являются ее срабатывания при повреждении защищаемого элемента и несрабатывания при КЗ за пределами этого элемента. С целью ограничения отказов функционирования защите придаются определенные свойства. Основные из них – селективность, устойчивость и надежность функционирования.

Основные условия надежной работы релейной защиты:

- обеспечение селективности, т.е. отключение только поврежденных участков. Время срабатывания защиты характеризуется выдержкой времени, обеспечивающей селективность;
- чувствительность ко всем видам повреждений на защищаемой линии и на линиях, питаемых от нее, а также к изменению, в связи с этим параметров, что оценивается коэффициентом чувствительности;
- максимальная простота схем с наименьшим числом аппаратов и достаточная надежность, и быстродействие;
- наличие сигнализации о неисправностях в цепях, питающих аппараты релейной защиты.

Релейная защита выполняется на реле различных типов. Реле, применяемые в релейной защите, классифицируются по следующим признакам:

- по способу воздействия на отключение – прямого и косвенного действия;
- по принципу действия – электромагнитные, электродинамические, тепловые, электронные и другие;
- по параметру действия – ток, напряжение, мощность, тепловые и другие.

6.1 Защиты трансформатора

Устройства релейной защиты для силовых трансформаторов предусматривают защиту от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
- однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- витковых замыканий в обмотках, токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ и перегрузкой, понижения уровня масла.

Виды защит трансформатора определяются его мощностью, назначением, режимом работы, местом установки, схемой включения.

6.2 Токовые защиты трансформатора от коротких замыканий

Для защиты трансформатора небольшой и средней мощности от коротких замыканий в его обмотках на выводах и в соединениях используют токовую отсечку без выдержки времени и токовую защиту со ступенчатой характеристикой выдержки времени. Защита устанавливается со стороны источника питания непосредственно у выключателя. При этом в зону действия защиты входят трансформатор и его соединения с выключателем. Срабатывая, защита действует на отключение выключателей.

Недостатком отсечки без выдержки времени является неполная защита трансформатора. В её зону действия входит только часть обмотки. Защита не реагирует на замыкания на выводах и в соединениях с выключателем со стороны низшего напряжения.

Для устранения этого недостатка токовую отсечку без выдержки времени дополняют максимальной токовой защитой, которая является вместе с тем защитой трансформатора от сверхтоков внешних коротких замыканий. При установке на трансформаторе защита действует на отключение выключателя со стороны высшего напряжения. Для повышения

чувствительности к повреждениям внутри бака защита со ступенчатой характеристикой дополняется газовой защитой.

Примеры схем защит приведены на рисунке 6.1.

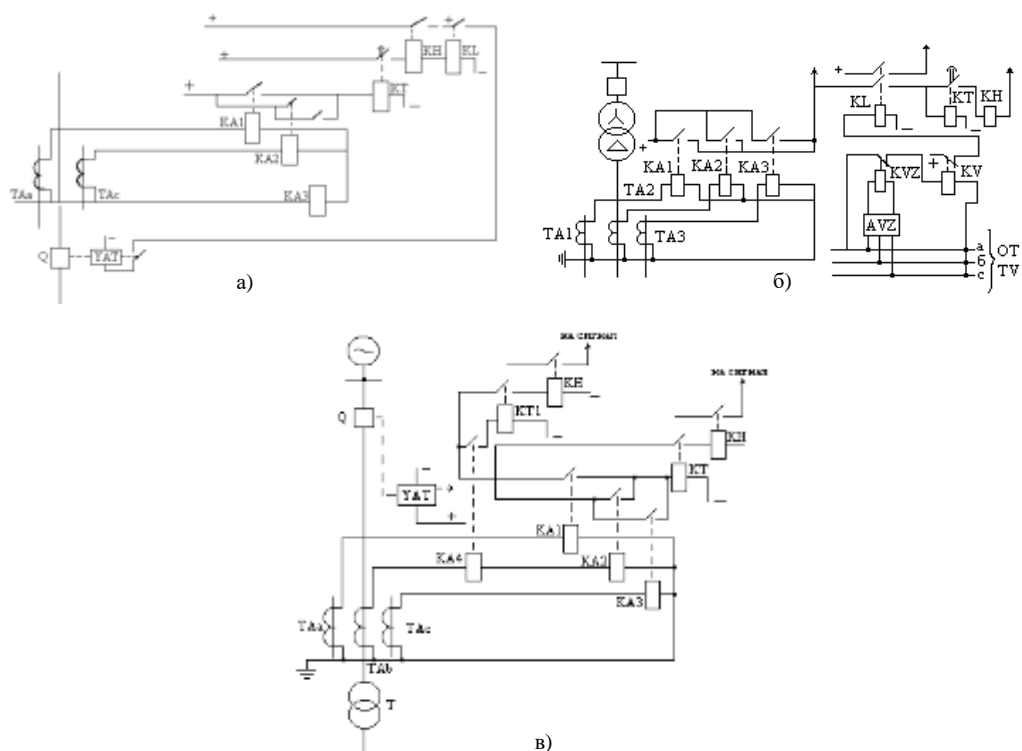


Рисунок 6.1 – Примеры схем защит энергетических объектов:

а) МТЗ линии; б) МТЗ от внешних КЗ с комбинированным пусковым органом напряжения; в) МТЗ трансформатора от внешних КЗ и защита от перегрузок.

6.3 Газовая защита

Баки трансформаторов заполняются маслом. Ток короткого замыкания, проходящий через место установки токовой защиты при повреждении внутри бака трансформатора, определяется числом замкнувшихся витков и поэтому может оказаться недостаточным для ее действия. Однако витковые замыкания представляют опасность для трансформатора и должны отключаться.

Опасным внутренним повреждением является «пожар стали» магнитопровода, который возникает при нарушении изоляции между листами магнитопровода. Токовая и дифференциальная защиты на этот вид повреждения не реагируют. В этом случае применяют газовую защиту, фиксирующую появление в баке трансформатора газа. Образование газа

является следствием разложения масла и других изолирующих материалов под действием электрической дуги или недопустимого нагрева.

Основным элементом газовой защиты является газовое реле (рисунок 6.2) Корпус газового реле врезается в маслопровод между крышкой бака и расширителем, так чтобы не препятствовать циркуляции масла между ними. Элементы выполнены в виде плоскодонных алюминиевых чашек, вращающихся вместе с подвижными контактами 4 вокруг осей 3. Эти контакты замыкаются с неподвижными контактами 5 при опускании чашек.

В нормальном режиме при наличии масла в кожухе реле чашки удерживаются пружинами 6 в положении, указанном на рисунке. Система отрегулирована так, что масса чашки с маслом является достаточной для преодоления силы пружины при отсутствии масла в кожухе реле. Поэтому понижение уровня масла сопровождается опусканием чашек и замыканием соответствующих контактов. Сначала опускается верхняя чашка и реле действует на сигнал. При интенсивном газообразовании возникает сильный поток масла и газов из бака в расширитель через газовое реле. На пути потока находится лопасть 7, действующая вместе с нижней чашкой на общий контакт. Лопасть поворачивается и замыкает контакт в цепи отключения трансформатора.

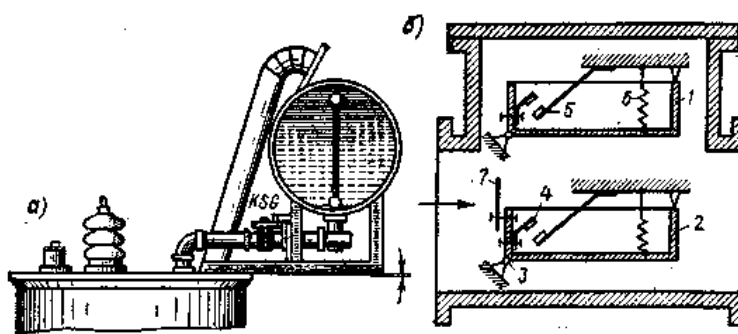


Рисунок 6.2 – Газовое реле защиты трансформатора

Достоинства газовой защиты: высокая чувствительность и реагирование практически на все виды повреждения внутри бака; сравнительно небольшое время срабатывания; простота выполнения.

Недостаток защиты – не реагирование на повреждения вне бака, в зоне между трансформатором и выключателями. Также, вследствие несовершенства конструкции современных газовых реле защиту приходится выводить из действия при попадании воздуха в бак трансформатора, что может быть, например, при доливке масла, после ремонта системы охлаждения и др.

6.4 Дифференциальные токовые защиты трансформаторов

Дифференциальные токовые защиты трансформаторов выполняются в виде: дифференциальной токовой отсечки; дифференциальной защиты с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока; дифференциальной токовой защиты с реле, имеющими торможение.

Дифференциальная токовая отсечка выполняется посредством максимальных реле тока КА1 и КА2, например РТ – 40 или РТМ, включаемых непосредственно в дифференциальную цепь схемы без каких-либо промежуточных устройств.

Достоинства – быстродействие и простота. Однако из-за большого тока срабатывания токовая отсечка иногда недостаточна чувствительна, поэтому она применяется на трансформаторах небольшой мощности.

Для выполнения дифференциальной токовой защиты с насыщающимися трансформаторами используются реле с НТТ типа РНТ – 565. Реле РНТ – 565 применяется при низкой чувствительности токовой отсечки или если требуются дополнительные устройства для выравнивания токов в схеме с реле косвенного действия. Благодаря НТТ защита отстраивается от бросков тока намагничивания. Если чувствительность защиты с реле типа РНТ недостаточна, то дифференциальная защита выполняется посредством реле с торможением.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту

Группа	ФИО
З-5Г5Б1	Габерлингу Александру Александровичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды - 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT - анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение трудоемкости работ; - определение структуры работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Гантта
3. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	К.Э.Н.		20.03.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г5Б1	Габерлинг Александр Александрович		20.03.20

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела работы является оценка проекта электроснабжения машиностроительного завода с позиции ресурсоэффективности и конкурентоспособности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести SWOT-анализ;
- выполнить планирование и организацию научного исследования;
- создать диаграмму Ганта
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

7.1. SWOT-анализ работы предприятия 2 категории надежности

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, которые помогают оценить возможности, угрозы сильных и слабых сторон:

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проведем SWOT-анализ. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (табл. 1).

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы;

Таблица 7.1 – Составление предварительной матрицы SWOT

	Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
	С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	Сл1. Надежность электроснабжения Сл2. Доступность токоведущих частей Сл3: Низкая безопасность Сл4: Низкая энергоэффективность
Возможности		
В1: Прокладка кабелей в эстакадах В2: Снижение расходов на используемое оборудование В3: Повышение стоимости конкурентных разработок В4: Растущая заинтересованность инвесторов	В1С1; С3; С5; В2С1; В3С1; В4С1;	В1Сл1; Сл2; Сл3; В4Сл3; Сл4;
Угрозы		
У1: Значительное увеличение стоимости схемы У2: Повышение цен на компоненты системы У3: Усовершенствования конкурентных технических решений У4: Снижение спроса	У1С1 У2С1; С4;	У3Сл3; Сл4; У4Сл2; Сл3; Сл4;

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+, -) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие). Результаты второго этапа SWOT анализа представлены в табл. 2-3.

Таблица 7.2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
B1	+	-	+	-	+
B2	+	-	-	-	-
B3	+	-	-	-	-
B4	+	-	-	-	-
Возможности	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
B1	+	+	+	-	
B2	-	-	-	-	
B3	-	-	-	-	
B4	-	-	+	+	

Таблица 3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
У1	+	-	-	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	-	-	-	-
У4	-	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
У1	-	-	-	-	
У2	-	-	-	-	
У3	-	-	+	+	
У4	-	+	+	+	

После проведения SWOT-анализа и на основании его результатов можно сказать:

- Риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;
- Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;
- Для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;

- Кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны проекта, такие как экономичность, надёжность и эргономика;
- Прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;
- За счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность;

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

7.2 Организация работ технического проекта (ТП)

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования системы электроснабжение машиностроительного завода.

7.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. Составлен перечень

этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 4:

№ 1 – Ознакомление с производственной документацией– включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к проекту, составление задания и плана;

№ 2 –Подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН– выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок;

№ 5– Выбор трансформаторов подстанций –выбор защитной аппаратуры, подбор трансформаторов согласно картограмме нагрузок;

№ 6 – Расчет внутризаводской сети предприятия – построение схемы внутризаводского электроснабжения с расчетом и нанесением картограммы нагрузок по заводу, построение схемы внутрицехового электроснабжения.

№ 7– Моделирование электроснабжения предприятия II категории надежности– создать модель электроснабжения с использованием профильных САПР.

№ 8 – Оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо- и энергоэффективности;

№ 9 – Составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 10 - Проверка выпускной квалификационной работы руководителем
- в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником.

№11 - Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

Таблица 7.4 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Расчеты и проектирование системы электроснабжения предприятия II категории надежности	3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Инженер, Руководитель
	4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер, Руководитель
	5	Выбор трансформаторов подстанций	Инженер, Руководитель
	6	Расчет внутризаводской сети предприятия	
	7	Моделирование электроснабжения площадки сбора нефти	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Инженер, Руководитель

В результате определения структуры работ в рамках технического проекта было выявлено шесть основных этапов (разработка технического задания, выбор направления технического проектирование предприятия, расчеты и проектирование системы электроснабжения предприятия II категории надежности, обобщение и оценка результатов, оформление отчета

по техническому проектированию, сдача выпускной квалификационной работы) и 11 работ.

7.2.2. Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (1)$$

Где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{маxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

7.2.3. Порядок составления этапов подготовки производства и распределение исполнителей

В таблице 5 представлены порядок перечень этапов, временные показатели проведения работ и распределение обязанностей между исполнителями проекта.

Таблица 7.5–Календарная продолжительность работ, раб. дн

Название работы	Исполнители	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (t_{min})	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (t_{max})	Ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы ($t_{ож}$)
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	3	7	5
Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Руководитель	1	1	1
	Инженер	19	23	21
Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Руководитель	1	1	1
	Инженер	17	25	20
Выбор трансформаторов подстанций	Руководитель	1	1	1
	Инженер	14	21	17
Расчет внутризаводской сети предприятия	Руководитель	1	1	1
	Инженер	3	6	4
Моделирование электроснабжения предприятия	Руководитель	1	1	1
	Инженер	14	18	16
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1	1	1
	Инженер	6	8	7
Составление пояснительной записки	Инженер	3	12	7
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель	1	1	1

Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	1	3	2
	Инженер	2	4	3

7.2.4. Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

В результате построения ленточного графика проведения технического проекта в диаграмме Ганта (Рисунок1), был наглядно и детально представлен перечень этапов, работ и распределение обязанностей между исполнителями проекта.

Данный ленточный график достаточно удобен в построении, прост в прочтении и наглядно отражает затраченное время этапы работы.

Продолжительность выполнения технического проекта заняла 12 декад, начиная со второй декады февраля и заканчивая первой декадой июня.

Продолжительность выполнения технического проекта в календарных днях заняла 118 дней.

Общая продолжительность выполнения расчетов технического проекта составила 110 рабочих дня. Из них:

100 рабочих дней – продолжительность выполнения работ инженера;

10 рабочих дней – продолжительность выполнения работ руководителя;

№	Вид работ	Исполнители	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	5	-												
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Руководитель	1			-										
		Инженер	21	-	-	-										
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Руководитель	1					-								
		Инженер	20			-	-	-								
5	Выбор трансформаторов подстанций	Руководитель	1						-							
		Инженер	17					-	-	-						
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	Руководитель	1								-					
		Инженер	4							-						
7	Моделирование эл. снабжения предприятия	Руководитель	1									-				
		Инженер	16							-	-					
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1										-			
		Инженер	7									-	-			
9	Составление пояснительной записки	Инженер	7										-	-		
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1												-	
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	2												-	
		Инженер	3												-	

Рисунок 1 - Диаграмма Ганта

Таким образом, из диаграммы продолжительности работ, определяется участие каждого специалиста рабочей группы в разработке проекта: руководитель 10 рабочих дней, инженер 100 рабочих дней

7.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта

Целью планирования себестоимости проведения технического проекта является экономически обоснованное определение величины затрат на его выполнение. Исходными данными для расчета затрат является план работ и перечень требуемой аппаратуры, оборудования, сырья и материалов.

Затраты на осуществление технического проекта рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- расходы на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные страховые фонды;
- расходы на материалы и комплектующие изделия;
- расходы на спецоборудование;
- накладные расходы.

7.3.1. Расчет материальных затрат технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \times N_{расхi} \quad (2)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении технического проекта;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида планируемых к использованию при выполнении технического проекта;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов.

К материальным затратам можно отнести: бумага, ручка, корректор, USB-накопитель, блокнот, линейка, мультимедиа флешка .

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Лист	150	2,5	375
Ручка	Шт.	1	60	60
USB накопитель	Шт.	1	305	305
Линейка	Шт.	1	85	85
Мультифора	Шт.	10	2	20
Блокнот	Шт.	1	100	100
Корректор	Шт.	1	55	55
Итого:				1000

По таблице 6 материальные затраты на выполнение данного научно-технического исследования составляют 1 000 рублей.

7.3.2 Полная определенная заработная плата определяемых исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле:

$$З_{п} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (3)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}, \quad (4)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}}}{Д_{\text{мес}}}, \quad (5)$$

где: $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$Д_{\text{мес}}$ – количество рабочих дней, раб. дн.

Таблица 7 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный основной оклад работника руб.	Средняя зароботная плата работника руб.	Продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.	Основная зароботная плата одного работника руб.
Руководитель	33664	43763	1683	10	16830
Бакалавр	12300	15990	615	100	61500
Итого					78300

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают оплату при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} З_{\text{осн}}, \quad (6)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 8 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной зароботной платы. руб.	Основная зароботная плата одного работника руб.	Дополнительная зароботная плата руб.	Полная зароботная плата руб.
Руководитель	15%	16830	2525	19300
Бакалавр	12%	61500	7380	68900
Итого:				88200

Таким образом, основная и дополнительная заработная плата составляют 166500 руб., что занимает основную часть бюджета затрат проекта.

7.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной разделе расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times З_{полн} (7)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{внеб} = 0,302 \times 88.2 = 26,6 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды составляют 26,6 тыс. руб.

7.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: амортизация активам, расходы, связанные с рекламой и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат на проектирование.

Величину накладных расходов принимаем в размере 16% от общей суммы затрат

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб} + З_{м} + А) \cdot 0,16$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Значения расчётов накладных расходов приведены в таблице 9.

7.4.5. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Смета затрат технического проекта

Наименование разделы	Сумма, тыс. руб	Структура затрат, %
1. Материальные расходы	1,0	0,7
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	88,2	63,0
3. Отчисления во внебюджетные фонды	26,6	19,0
4. Накладные расходы	24,2	17,2
5. Итого	140,0	100,0

Таким образом, смета затрат на разработку технического проекта составляет 140 тыс. руб, из которых более половины (63%) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

7.5. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (8)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Эргономичность: оптимальная условия труда с целью увеличения производительности и сохранения сил, времени, энергии, работоспособность и здоровья человека;
2. Ремонтопригодность: долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;
3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;

4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97;

5. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;

6. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии;

7. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эргономичность	0,13	5
2. Ремонтопригодность	0,16	5
3. Безопасность	0,14	4
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	4
5. Надежность	0,15	5
6. Простота и удобство в эксплуатации	0,09	4
7. Энергоэффективность	0,15	5
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_p = 5 \times 0,13 + 5 \times 0,16 + 4 \times 0,14 + 4 \times 0,18 + 5 \times 0,15 + 4 \times 0,09 + 5 \times 0,15 = 4,6$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение:

1. В результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства. Сильные стороны проекта: низкая цена элементов схемы, высокая надёжность электроснабжения потребителей, высокая эргономичность, низкая материалоемкость, высокая ремонтпригодность

2. В ходе планирования научно-исследовательских работ определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и инженер. Согласно составленному плану работ длительность трудовой занятости сотрудников исследовательского проекта составила 110 дней (100 дней – занятость инженера, 10 дней – длительность работы руководителя). На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, построенный на основе диаграммы Ганта, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это расчетов электрических нагрузок предприятия.

3. Бюджет научно-технического исследования составил 140 тыс. руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (1 000 рублей), затрат на оплаты труда (88,2 тыс. рублей), отчислений во внебюджетные фонды (26,6 тыс. рублей) и накладных расходов (24,2 тыс. рублей).

4. Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении ничуть не уступает остальным вариантам с позиции ресурсосбережения.

5. Таким образом, капиталовложения в размере 140 тыс. рублей позволят реализовать разработанный проект по электроснабжению машиностроительного завода. Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность предприятия путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

6. Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность предприятия путем улучшения энергоэффективности,

энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-5Г5Б1		Габерлинг Александр Александрович	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетик и электротехника

Тема ВКР:

Проектирование электроснабжения машиностроительного завода	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электроснабжение предприятия. Рабочее место инженера-проектировщика, куратора работ.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень электромагнитного излучения – Недостаточная освещенность рабочей зоны – Превышение уровня шума – Повышение уровня вибрации – Отклонение показателей микроклимата – Поражение электрическим током – Механические опасности
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия на атмосферу: выбросы загрязняющих веществ, удаляемые из производственных помещений. Анализ воздействия на литосферу: образование отходов в результате деятельности к которым относятся первичная упаковка сырья, отработавшие фильтры, и т.д.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. - Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) разработка порядка действий в результате возникновения ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5Б1	Габерлинг Александр Александрович		

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данной дипломной работе рассматривается проектирование электроснабжения машиностроительного завода.

Для правильной организации работ по борьбе с травматизмом, профессиональными и общими заболеваниями, обусловленными данным рабочим местом и оборудованием, рассмотрены вопросы охраны труда: проанализированы условия труда с точки зрения наличия возможности появления вредных и опасных производственных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, мероприятия по противопожарной профилактике, рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и источники их возникновения. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

Электро-технологический персонал производственных цехов и участков, не входящих в состав энергослужбы Потребителя, осуществляющий эксплуатацию электро-технологических установок и имеющий группу по электробезопасности II и выше, в своих правах и обязанностях приравнивается к электротехническому.

К самостоятельной работе допускаются лица прошедшие медицинское освидетельствование, курсовое обучение по теоретическим знаниям и практическим навыкам в работе в объёме программы, аттестацию квалификационной комиссии и инструктаж по охране труда на рабочем месте.

Первичный инструктаж рабочий получает на рабочем месте до начала производственной деятельности. Первичный инструктаж производит мастер цеха. Повторный инструктаж рабочий получает - ежеквартально.

После первичного инструктажа в течение первых двух – пяти смен должен выполнять работу под наблюдением мастера, либо наставника, после чего

оформляется допуск к самостоятельной работе, который фиксируется датой и подписью инструктирующего и инструктируемого в журнале инструктажа.

Требования безопасности во время работы согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

- одеть рабочую обувь и одежду;
- заизолировать имеющиеся повреждения кабелей, соединений, зажимов и заземления;
- работать только исправными, заизолированными инструментами;
- убрать посторонние предметы, мешающие свободному перемещению;
- не допускать присутствия посторонних лиц при электромонтажных и других работах;
- не привлекать к работе лиц, не имеющих необходимой группы допуска по электробезопасности;
- работать только в диэлектрических перчатках;
- при использовании лестницы привлекать подсобного рабочего;
- пользоваться постоянными и предупредительными плакатами: предостерегающими «Под напряжением – опасно для жизни», запрещающими «Не включать – работают люди», разрешающими «Работать здесь», напоминающими «Заземлено»;
- не допускать замасливания кабелей, попадания на них искр, воздействия высокой температуры и падения тяжёлых предметов.

На предприятии все работники проходят проверки на выполнение всех вышеуказанных требований безопасности. Также перед допуском к оборудованию каждый работник проходит соответствующие инструктажи.

8.2 Производственная безопасность

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение

мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии. Мероприятия, связанные с созданием безопасных условий труда осуществляются в плановом порядке.

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы охраны труда: проанализированы условия труда с точки зрения наличия возможности появления вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера.

В данной работе рассмотрен машиностроительный завод. В данном цехе оборудование, которое создает множество опасных и вредных факторов. Необходимо строго соблюдать технику безопасности и применять различные меры для обеспечения безопасности рабочего персонала.

8.3 Анализ опасных и вредных факторов

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти. Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства. В зависимости от количественной характеристики (уровня, концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

При выполнении своих профессиональных обязанностей персонал цеха может столкнуться со следующими опасными производственными факторами:

Таблица 1.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы [2]	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Отладка	Тестирование	
a) Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	+	+	<p>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».</p> <p>- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.</p> <p>- СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.</p> <p>- СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</p> <p>- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.</p> <p>Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</p> <p>- СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.</p> <p>- СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.</p> <p>- РД 153 -34,0-03,150-00. Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок</p> <p>- СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»</p>
b) Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	
c) Превышение уровня шума	+	+	+	
d) Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
e) Поражение электрическим током	+	+	+	
f) Механические опасности	+	+	+	

g) Повышенный уровень вибрации	+	+	+	
--------------------------------	---	---	---	--

Поражение электрическим током

Нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [14] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок [15] и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (вступил в силу 4 августа 2014 года) [16].

В отношении опасности поражения электрическим током площадка сбора нефти относится к объекту с повышенной опасностью, так как в цехе расположена трансформаторная подстанция. На площадке сбора нефти отсутствует токопроводящая пыль и влажность, но есть возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющего соединение с землей, технологическим аппаратам и механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой. (Такое оборудование как Трансформатор 10/0,4 кВ, Распределительное устройство-10 кВ, распределительное устройство 0,4 кВ, кабельные трассы-0,4 кВ.)

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются:

а) Основные защитные средства:

–изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, устройства и приспособления для ремонтных работ;

–изолирующие устройства и приспособления для работ на ВЛ с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям

(изолирующие лестницы, площадки, изолирующие тяги, канаты, корзины телескопических вышек, кабины для работы у провода и др.).

б) Дополнительные защитные средства:

- диэлектрические перчатки;
- диэлектрические боты;
- диэлектрические ковры;
- индивидуальные экранирующие комплекты;
- изолирующие подставки и накладки;
- диэлектрические колпаки;
- переносные заземления;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

2. Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

а) Основные защитные средства:

- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- диэлектрические перчатки;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

б) Дополнительные защитные средства:

- диэлектрические боты;
- диэлектрические ковры;
- переносные заземления;
- изолирующие подставки и накладки;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

На подстанция имеется комплект предупредительных плакатов.

На рабочем месте дежурного персонала находится полный комплект рабочих инструкций и инструкций по технике безопасности:

1. Должностная инструкция дежурного данного района обслуживания.
2. Инструкция по производству оперативных переключений на подстанции данного района.

3. Инструкция действий оперативного персонала в случае аварии.
4. Инструкция по отысканию однофазных замыканий на землю в данном районе подстанций.
5. Инструкция дежурного персонала по технике безопасности.
6. Оперативный журнал.
7. Журнал производства работ.
8. Журнал телефонограмм.
9. Журнал закороток.

На подстанции имеется список лиц административно – технического персонала утвержденный главным энергетиком предприятия, имеющих право единоличного осмотра подстанций.

Основными мерами защиты на объекте от поражения током являются

–обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения;

–электрическое разделение сети;

–устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и д.р.;

–применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;

–организация безопасной эксплуатации электроустановок;

–применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты, предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

–отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих частей;

–ограждение и вывешивание запрещающих, указательных, предупреждающих и предписывающих плакатов;

–сигнализация и блокировка;

–использование малых напряжений;

–электрическое разделение сети;

–зануление, защитное заземление;

–выравнивание потенциалов;

–защитное отключение;

–средства индивидуальной защиты и защитные средства: штанги изолирующие, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие подставки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, переносные заземления, предупредительные плакаты, предохранительные пояса.

К основным организационным мероприятиям, обеспечивающим безопасность работ в электроустановках согласно Межотраслевым правилам по охране труда относятся:

–оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

–допуск к работе;

–надзор во время работы;

–оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончание работы.

Механические опасности

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00 [16].

В рассматриваемом цехе большая доля вероятности получить механическую травму, так как используется большое количество оборудования;

(Такое оборудование как Трансформатор 10/0,4кВ, Распределительное устройство-10кВ, распределительное устройство 0,4кВ, кабельные трассы-0,4кВ, распределительные щиты-0,4кВ). При необходимости принимаются меры для уменьшения вероятности травмирования персонала - предупредительные плакаты, ограждения, сигнализация и средства индивидуальной защиты.

Отклонение параметров микроклимата

В обеспечении условий высокого производственного труда персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [17] и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [18].

Таблица 8.1 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин $t_{\text{опт}}$	Диапазон выше оптимальных величин $t_{\text{опт}}$			Если $t^{\circ} < t_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t_{\text{опт}}$
Холодный	Па	17,0 – 18,9	21,1 – 23,0	16,0 – 24,0	15 – 75	0,1	0,3
Теплый	Па	18,0 – 19,9	22,1 – 27,0	17,0 – 28,0	15 – 75	0,1	0,4

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период восьми часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Таблица 8.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, Ф%	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па	19,0-21,0	18,0 – 22,0	60 – 40	0,2
Теплый	Па	20,0-22,0	19,0 – 23,0	60 – 40	0,2

Для рассматриваемого объекта установлены допустимые величины показателей микроклимата. Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012–2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [20], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [21].

Таблица 8.3 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					
	2	4	8	16	32,5	63
Технологическая	108	99	93	92	92	92

Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

Повышенный уровень шума

Шум наносит большой ущерб, вредно действует на организм человека и снижает производительность труда. Утомление рабочих из-за сильного шума увеличивает число ошибок при работе, способствует возникновению травм.

При нормирование шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых

приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [22]. Поэтому для рабочих мест цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБ, а допустимый эквивалентный уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов не выходит за нормативы.

Основным источником шума на подстанции является гудение трансформатора. Шум, создаваемый трансформатором, не выходит за пределы норм. Никакие дополнительные средства защиты не предусмотрены.

Шум в рассматриваемом цехе может возникать только при использовании некоторых видов оборудования, поэтому применяются индивидуальные средства защиты от шума, а так же звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями и укрытия в кожухи источников шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах" [23].

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики.

В рассматриваемом цехе некоторое технологическое оборудование способно создавать напряженность электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м, при этом применяется рациональное размещение оборудования, излучающее электромагнитную энергию, а рабочие места персонала удалены от источников электромагнитных полей.

Недостаточная освещенность

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2016 «Естественное и

искусственное освещение» [24]. Для безопасного продолжения работы, или выхода людей из помещений при внезапном отключении должно быть предусмотрено аварийное освещение. Длительное снижение напряжения у наиболее удаленной лампы не должно быть более 5%. Питание аварийного освещения должно быть надежным и от независимого источника. Для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или на них должны быть нанесены специальные знаки.

На объекте предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. При этом аварийное освещение представляет около 10% от общего освещения.

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики, так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

Ремонтное освещение предусматривается в технических помещениях, и осуществлено переносными светильниками напряжением питания 36 В. Светильники подключаются с помощью штепсельной розетки, которая размещена в отдельном корпусе вместе с трансформатором 220/36В.

8.4 Экологическая безопасность

Влияние электрических сетей на окружающую среду определяется воздействием электрического поля, использованием земельных ресурсов, нарушением природных ландшафтов.

Для исключения влияния на окружающую среду возможных разливов трансформаторного масла при авариях с маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения) [28], ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) [29] и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера) [30].

Для работающих на промышленных предприятиях, непосредственной окружающей средой является воздух рабочей зоны.

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия, предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, которые обеспечивают вытяжному воздуху то же качество, что и на входе.

В самом процессе производства не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки и специальными сливами отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейн для нейтрализации.

Твердые отходы, к которым относятся первичная упаковка сырья, отработавшие фильтры, и т.д. сжигаются в собственных устройствах. Остальные отходы вывозятся на объекты размещения отходов. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия – явления природы, возникающие внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, гибели людей и уничтожению материальных ценностей. К стихийным бедствиям обычно относят землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы и др.

Большинство из перечисленных чрезвычайных ситуаций могут случиться на рассматриваемом предприятии. Для повышения устойчивости к ним предусмотрены различные меры:

1. Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии, удаленных на такое расстояние, чтобы исключить возможность разрушения их в военное время одним ядерным ударом, а в мирное время – стихийным бедствием или аварией, а также имеются резервные источники питания.

2. В целях снижения опасности взрыва применяют вентиляционные установки, автоматическая сигнализация, систематически контролируется температура узлов электрооборудования. На каждом этаже предприятия установлена радиоточка для оповещения людей о пожаре или другой ЧС.

3. От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

4. В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.

5. Для снижения вероятности пожара предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация. На случай возникновения пожара предусмотрены первичные средства пожаротушения.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО.

На сводные отряды, помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта, техники.

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на

территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике. Для этого на предприятии несколько раз в году производятся теоретическая подготовка и практические тренинги.

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Рассматриваемый цех относится пожароопасной категории В (в цехе применяются горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть).

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00 [27]) такие первичные средства пожаротушения, как (из расчета на 800 м² защищаемой площади):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2 (2 шт.), ОУ-5 (1 шт.);
- порошковый огнетушитель ОП-3 (2 шт.);
- ящик с песком;
- асбест;

–ведра;

–лопаты и багор.

Кроме того, в некоторых помещениях цеха используются стационарные установки пожаротушения.

В рассматриваемом цехе возможен пожар Классов В (пожар горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ) и Е (пожар, связанный с горением электроустановок).

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах.

Первичные средства пожаротушения размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасном при пожаре месте, с обеспечением к ним свободного доступа.

Выводы

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся профессиональная социальная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС и правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности. Все эти вопросы были изучены в приложении к проектированию электроснабжения машиностроительного завода. Так же были проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие в ходе исследовательского процесса. К ним относятся отклонение микроклимата в помещении, недостаточная освещённость рабочей зоны и поражение электрическим током.

Рассмотрели наиболее чрезвычайные ситуации на объекте, которые могут нанести ущерб жизни человека, имуществу населения, а также народному хозяйству и природной среде и порядок действия при этих ЧС.

В целом, можно отметить, что установка и настройка устройств для проектирования электроснабжения машиностроительного завода может представлять собой набор типичных вредных и опасных как производственных, так и экологических факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было осуществление электроснабжения всех электроприёмников кузнечный цех Машиностроительного завода и всего предприятия в целом. Первым этапом для достижения цели было определение расчетной электрической нагрузки цеха «методом упорядоченных диаграмм», то есть методом коэффициента спроса и коэффициента максимума и определение расчетной нагрузки предприятия в целом, определяемая, по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Со смещением от центра электрических нагрузок в сторону ЛЭП, питающей предприятие, была установлена главная понизительная подстанция предприятия. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора марки ТДН-10000/110. Марка трансформаторов ГПП и напряжение питающих линий было выбрано на основании технико-экономического расчета. На стороне 110 кВ принята схема в виде двух блоков с выключателями и неавтоматической перемычкой. На стороне 10 кВ принята одинарная секционированная система шин, с устройством АВР, оборудование установлено в закрытом помещении. Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП 110 кВ.

Далее было определено число и мощность цеховых трансформаторов. Номинальная мощность цеховых трансформаторов принята равной 1000 кВА, расчётное число трансформаторов цеховых ТП равно шестнадцати. С учетом выбранного числа цеховых трансформаторов был произведен расчет и выбор компенсирующих устройств.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории предприятия выполнена трёхжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АПвВнг, с прокладкой по эстакадам.

Следующим этапом было осуществление электроснабжения цеха. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных шкафов четырехжильными кабелями с алюминиевыми жилами марки АВВГ, с прокладкой по лоткам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА.

Карта селективности, построенная по результатам выбора аппаратов защиты, показала, что селективность обеспечивается. А эпюра отклонения напряжения, построенная для максимального, минимального и послеаварийного режимов, показала, что во всех режимах работы у электроприёмников поддерживается напряжение в допустимых пределах и выбранные сечения пригодны для эксплуатации.

Кроме того, были рассмотрены виды релейной защиты трансформаторов.

В экономической части был произведен расчет сметы расходов на покупку, монтаж и техническое обслуживание электрооборудования, а также смета на разработку проекта.

Произведен анализ опасных и вредных факторов на предприятии, техника безопасности, производственная санитария и пожарная безопасность. Так же был произведен расчет искусственного освещения цеха.

По проводимым в процессе расчётов проверкам, по карте селективности и по эпюрам отклонения напряжения можно сделать вывод, что данная модель электроснабжения цеха и всего предприятия в целом надёжна и пригодна к эксплуатации.

Conclusion

The purpose of the work was to carry out power supply of all electric receivers of the blacksmith shop of the Machine-building plant and the whole enterprise. The first step to achieve the goal was to determine the calculated electrical load of the workshop "by the method of ordered diagrams," i.e. by the method of demand factor and maximum factor and to determine the calculated load of the enterprise as a whole, determined by the calculated active and reactive loads of the workshops (Up to and above 1000 V) taking into account the design load of lighting of workshops and the territory of the enterprise, power losses in transformers of workshop substations and GPP and losses in high-voltage lines.

According to the design loads of the workshops, a cartogram of loads was built and the center of electric loads of the enterprise was determined. With displacement from the center of electric loads towards the power line feeding the enterprise, the main lowering substation of the enterprise was installed. Two double-winding transformers of ТДН-10000/110 grade are installed on GPP. The grade of GPP transformers and the voltage of the supply lines were selected on the basis of the technical and economic calculation. On the 110 kV side, a circuit is adopted in the form of two blocks with switches and a non-automatic jumper. On the side of 10 kV there is a single partitioned system of buses, with an ALT device, the equipment is installed in a closed room. The power supply of the plant is carried out from the substation of the power system via two 110 kV air power lines. devices.

Distribution network above 1000 V over the territory of the enterprise is made by three-core cables with aluminium cores of APvVg brand, with laying along trestles.

The next stage was the power supply of the workshop. Electrical receivers of the shop are supplied from distribution cabinets by four-core cables with aluminium cores of AVVG grade, with laying along trays. Electrical receivers and cable lines are protected by automatic switches of VA grade.

The selectivity map based on the selection of protection devices showed that selectivity is ensured. And the voltage deviation echo built for maximum, minimum and post-accident modes showed that in all operating modes the electric receivers maintain voltage within permissible limits and the selected sections are suitable for operation.

In addition, the types of relay protection of transformers were considered.

In the economic part, the cost estimates for the purchase, installation and maintenance of electrical equipment were calculated, as well as the cost estimates for the development of the project.

The analysis of hazardous and harmful factors in the enterprise, safety, industrial sanitation and fire safety have been carried out. Artificial lighting of the workshop was also calculated.

It can be concluded from the checks carried out during the calculations, from the selectivity map and from the voltage deviation modes that this model of power supply to the workshop and the whole plant is reliable and suitable for operation.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учеб. пособие – Томск: Изд-во ТПУ 2006.
2. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра, Томск, ТПУ, 2001.
4. Барченко Т.Н., Закиров Р.И., Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту, Томск, ТПИ, 1988.
5. Климова Г.Н. Специальные вопросы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
6. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
7. Крючков И.П. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособ. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособ. – ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.
10. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие /А.В. Кабышев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006
11. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 178 с.
12. Копьев В.Н. Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп.– Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. - 107 с.

13. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.
14. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
15. Правила устройства электроустановок – 7-е изд. Сибирское университетское издательство, 2011 г.
16. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328 н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»
17. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
18. ПОТ Р М-016-2001. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
19. РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»
20. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
21. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
24. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности»
25. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. «Средства и методы защиты от шума. Квалификация»
26. ГОСТ 12.1.012 – 2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»
27. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
28. СП.52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
29. ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений»

30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»
31. ГН 2.2.5.2308-07. «Ориентировочна безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
32. ГОСТ Р 22.0.07-95 «Безопасность в ЧС. Источники техногенных ЧС. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров»
33. ФЗ от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»
34. ГОСТ Р 22.3.03-94. «Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения»
35. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №213-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
36. РД 153-34.0-03.301-00. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.
37. Постановление Правительства РФ от 29.03.2002 г. №188 «Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки»
38. Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда»
39. О.Б. Назаренко, А.Г. Дашковский. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2001.
40. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.